COUNTWAY LIBRARY
HC 552N L

*19.B.39

DR. R. A. PFEIFER

DAS MENSCHLICHE GEHIRN

III. AUFLAGE

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN LEIPZIG

BOSTON MEDICAL LIBRARY
PURCHASED FROM THE INCOME OF THE
SAMUEL WHEELER WYMAN
MEMORIAL FUND

DAS MENSCHLICHE GEHIRN

DAS MENSCHLICHE GEHIRN

NACH SEINEM AUFBAU UND SEINEN WESENTLICHEN LEISTUNGEN

GEMEINVERSTÄNDLICH DARGESTELLT

VON

DR. PHIL. ET MED. R. A. PFEIFER

DRITTE ERWEITERTE AUFLAGE

MIT 95 ABBILDUNGEN IM TEXT

»Dem einzelnen bleibt die Freiheit, sich mit dem zu beschäftigen, was ihn anzieht, was ihm Freude macht, was ihm nützlich deucht; aber das eigentliche Studium der Menschheit ist der Mensch.«
(Goethe, Wahlverwandtschaften)

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1920

* 19 B 39

19154 Ky

Copyright 1920 by Wilhelm Engelmann, Leipzig.

BOSTON MEDICAL
JUL 29 1921
LIBRARY

Vorwort zur ersten Auflage.

Das Buch, das ich hiermit der Öffentlichkeit übergebe, versucht zum ersten Male in gemeinverständlicher Form über die Ergebnisse der modernen Gehirnforschung zu orientieren. Lag es mir auch fern, systematische Vollständigkeit anzustreben, so bemühte ich mich doch, die Auswahl des Stoffes so zu treffen, daß für den Leser ein immerhin abgerundetes Bild von dem Gehirn als jener Werkstatt entsteht, in dem sich alle geistige Arbeit vollzieht. Der Schwierigkeit des Stoffes entsprechend, habe ich auf Einfachheit der Sprache und Zuhilfenahme vorzüglichen Bildermaterials ausdrücklich Bedacht genommen. Es sollte mich freuen, wenn das Buch auch in der Unterstützung des Psychologieunterrichts, wie er an zahlreichen höheren Schulen Deutschlands und insbesondere an den Lehrerseminaren erteilt wird, gute Dienste leisten würde. Soweit Fremdwörter dem Texte in Klammern beigefügt sind, ist dies geschehen, um ein Weiterstudium bzw. eine Orientierung über einzelne Fälle in Spezialwerken zu ermöglichen, da die Nomenklatur zum großen Teil international ist.

Meinem hochverehrten akademischen Lehrer, Herrn Geh. Rat Prof. Dr. med. et phil. Flechsig, sage ich für die Überlassung einer größeren Anzahl anatomischer Präparate zur Herstellung der Bilder und für das rege Interesse, mit dem er die Herausgabe des Werkes verfolgte, hierdurch auch an dieser Stelle meinen ergebensten Dank.

Dresden, August 1911.

Richard Arwed Pfeifer.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Ich stehe zurzeit als Arzt im Feld und bin außerstande, mein Buch so zu verbessern und zu erweitern, wie es mir am Herzen liegt. Gleichwohl soll für später zu Recht bestehen, was der Frankfurter Gehirnanatom Herr Geheimer Rat Prof. Dr. Edinger in einer brieflich an mich gerichteten wohlwollenden Kritik schrieb: »Das Buch trägt den Keim des Wachstums in sich«. Wenn ich doch an einer Stelle, nämlich in dem Kapitel über die

Sprachstörungen, eine Erweiterung vornehme, so komme ich damit dem Wunsche jenes leider zu früh verstorbenen, berühmten experimentellen Pädagogen Meumann in Hamburg nach, der es geradezu als Verdienst einschätzen zu müssen glaubte, einmal die menschlichste aller Seelentätigkeiten, die Sprache, in ihren anatomischen Grundlagen dem Verständnis etwas näherzubringen. Die Beschränkung der Abänderung nur auf das eine Kapitel geschieht aus der Erwägung heraus, daß dem Inhalte des Buches eine gewisse Stetigkeit erhalten bleiben mußte, weil es im Psychologieunterricht höherer Schulen als Lehrmittel Verwendung findet und eine allzu sprunghafte Änderung der Lehrbücher störend auf den Unterrichtsgang einwirkt.

Meiner Frau, die in meiner Abwesenheit die Herausgabe der zweiten Auflage in der Heimat besorgte, möchte ich hierfür danken, zumal sie schon als Mitarbeiterin an der ersten Auflage des Buches geistigen Anteil hat. Meinem Verleger Herrn Wilhelm Engelmann gebührt das Verdienst, durch das Eingehen auf meine Wünsche und die einwandfreie Wiedergabe der Abbildungen, die in den Kritiken als »Glanzleistungen« angesprochen wurden, dem Buche ein Relief verliehen zu haben, von dem sich der Text in der angestrebten Gemeinverständlichkeit abheben kann. Ich danke ihm für seine Bemühungen auch an dieser Stelle.

Im Felde, Ostern 1917.

Richard Arwed Pfeifer.

Vorwort zur dritten Auflage.

Dem ideellen Bedürfnis, die in dem vorliegenden Buche vorgetragenen Ergebnisse der Gehirnforschung vollkommen dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft anzupassen, konnte ich, der schwierigen Zeitverhältnisse wegen, nicht Rechnung tragen. Gleichwohl habe ich versucht, durch eine zweckentsprechende Erweiterung und Vertiefung des Stoffes der Aufgabe einer Hirnpsychologie, die Mechanik des Geisteslebens aus dem Gehirnbau zu erklären, gerecht zu werden. Für die Zukunft soll das Wort Edingers gelten: »Das Buch trägt den Keim des Wachstums in sich.«

Leipzig, Pfingsten 1920.

Richard Arwed Pfeifer.

Inhalt.

Seite

Vorwort zur ersten Auflage V
Vorwort zur zweiten Auflage V
Vorwort zur dritten Auflage VI

I. Allgemeine Topographie und gröbere Anatomie des zentralen Nervensystems.
1. Abschnitt: Rückenmark, Kleinhirn, Großhirn, Hirnhäute, lappenbildende Furchen, Großhirnwindungen 1
2. Abschnitt: Entwickelung des Gehirns aus dem Medullarrohr, Hirnstamm, Insel, innere und äußere Kapsel, Ventrikel 10

II. Die feinere makroskopische Anatomie des zentralen Nervensystems.
1. Herstellung der Präparate 19
2. Studien an Schnitten aus den Gehirnen verschiedener Tiere 21

III. Der Bauplan des menschlichen Gehirns mit Rücksicht auf die psychischen Leistungen.
1. Der enthauptete Frosch 32
2. Die lebende Mißgeburt ohne Großhirn und Zwischenhirn 35
3. Der Hund ohne Großhirn 36
4. Die psychischen Zentren der Großhirnrinde 39

IV. Beispiele für die psycho-physische Analyse der Großhirnfunktionen.
1. Die Sprachstörungen 49
a) Über Behinderungen im rechten Gebrauch der Sprache bei Gesunden.
b) Sprachstörungen bei Gehirnerkrankungen und -verletzungen.
c) Schwierigkeiten einer Lokalisation der Sprache im Gehirn.
d) Versuch einer Erklärung des Mechanismus der Sprachfunktionen im Gehirn.
e) Theorie der funktionellen Eingliederung einer kortikalen Sinnessphäre (Hörzentrum) in die Mechanik des Geisteslebens.
2. Die Sehstörungen 66
3. Die Bewegungsstörungen und die physiologische Parapraxie (natürliche Ungeschicklichkeit) der linken Hand 74
4. Ergebnisse der vergleichenden Gehirnanatomie 90
5. Die myelogenetischen Felder der Rinde und der Vergleich verschiedener Gehirne nach der relativen Größe ihrer psychischen Zentren 97
6. Der mikroskopische Bau der Rinde im Zusammenhang mit den psychischen Leistungen 105

V. Die Ausbreitung der Nerven im peripheren Nervensystem und die wichtigsten Verbindungsbahnen zwischen Großhirn und Rückenmark.
Peripheres und zentrales Nervensystem — Dorsalstränge des Rückenmarks — die 12 Hirnnervenpaare — die Pyramidenbahn 112

Literaturnachweis 122

BOSTON MEDICAL
JUL 29 19[illegible]
LIBRARY

I. Allgemeine Topographie und gröbere Anatomie des zentralen Nervensystems.

1. Abschnitt.

Rückenmark, Kleinhirn, Großhirn, Hirnhäute, lappenbildende Furchen, Großhirnwindungen.

Da das menschliche Gehirn in der knöchernen Schädelkapsel verwahrt liegt, bedarf es ziemlich umfangreicher Vorkehrungen, um den Beobachter

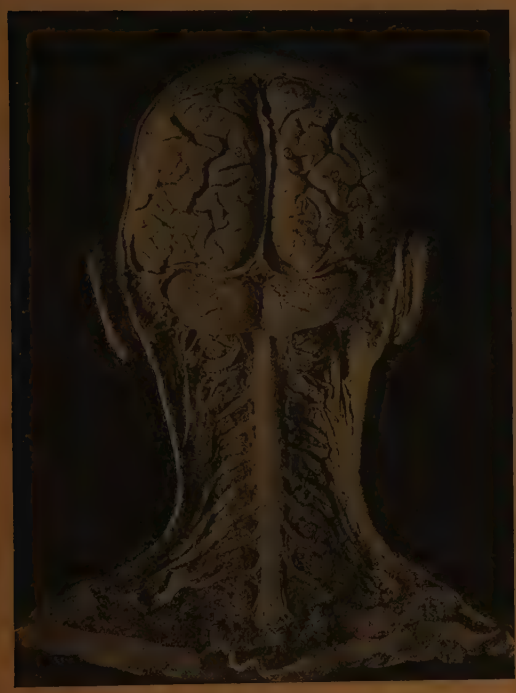


Fig. 1. Menschliche Leiche dorsal geöffnet. Nach FRASER.

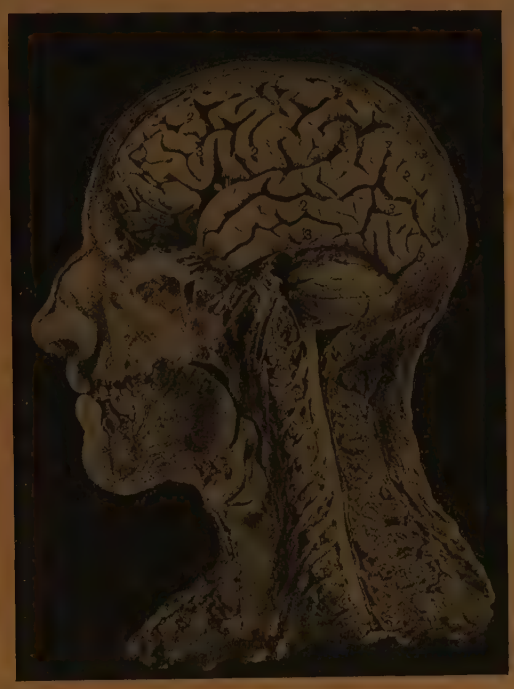


Fig. 2. Menschliche Leiche lateral geöffnet. Nach FRASER.

einmal einen größeren Teil des zentralen Nervensystems übersehen zu lassen. Gleichwohl sind wir mit Hilfe moderner Konservierungsmethoden weit besser

als früher in der Lage, Präparate von der menschlichen Leiche hinreichend genau und umfangreich herstellen zu können. Ein solches Leichenpräparat gibt Fig. 1 und 2 wieder: das zentrale Nervensystem ist bloßgelegt! Drei Abteilungen lassen sich leicht erkennen: das Rückenmark, das Kleinhirn und das Großhirn.

Das Rückenmark oder die Medulla spinalis.

Das Rückenmark liegt als fingerdicker Nervenstrang in dem Wirbelkanal eingebettet, den die Wirbel des Rückgrates in ihrer Zusammensetzung bilden. Umkleidet ist es von der harten und weichen Rückenmarkhaut (im Präparat abgezogen) und wird der Länge nach durchzogen von einem feinen Hohlraum, dem Zentralkanal (Fig. 3). Nach oben hin geht das Rückenmark als verlängertes Mark (im Präparat nicht zu sehen) in das Gehirn über, während es nach unten hin in der Lendengegend in einem stumpfen Ende ausläuft. Man ersieht deutlich schon an den Abbildungen, daß das Rückenmark aus einer in der Längsrichtung des Markes stark faserigen Masse besteht, der weißen Substanz, die durch Furchen in einzelne Stränge zerlegt wird. Um die Beschreibung des Rückenmarks nicht auf mehrere Abschnitte des Buches zu zersplittern, seien die wichtigsten dieser Faserzüge gleich hier genannt. Aus mehreren Teilsträngen bestehend, verlaufen zum kleineren Teil an der Vorderseite, in der Hauptsache indes in den Seitenteilen des Rückenmarks die Pyramidenbahnen (Funiculi pyramidales). An der Hinterseite des Rückenmarks ziehen sich die Burdachschen oder Keilstränge (funiculi cuneati) und die Gollschen oder zarten Stränge (Funiculi graciles) hin. Schneidet man das Rückenmark quer durch (Fig. 3), so erkennt man, daß die seitlich aus dem knöchernen Wirbelkanal austretenden Nerven, die sich von da aus als »peripheres Nervensystem« durch den ganzen Körper verbreiten, gar nicht in der weißen Substanz ihren Ursprung haben, sondern sie nur durchsetzen. Sie treten hervor aus einer von zahlreichen sogenannten Ganglien-

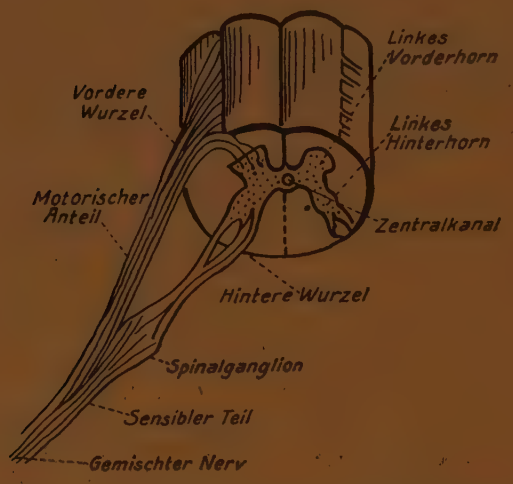


Fig. 3. Schematischer Querschnitt durch das Rückenmark. Nach Edinger.

zellen gebildeten grauen Substanz, welche in Form einer in der Mitte einheitlich verschmolzenen Doppelsäule das ganze Innere des Rückenmarks erfüllt und auf dem Querschnitt mit vier Fortsätzen oder Hörnern (Schmetterlingsfigur) erscheint. Die Fortsätze nach vorn nennt man Vorderhörner, die nach hinten, welche, wie der Augenschein lehrt, etwas spitzer auslaufen, Hinterhörner.

Die Nervenphysiologie lehrt uns die aus dem Vorderhorn entspringenden Nerven als motorische, d. h. Bewegungen auslösende, die in das Hinterhorn einmündenden als sensible, d. h. Empfindungen vermittelnde Nervenleitungen kennen. Unweit ihrer Wurzeln — so nennt man die Stellen, wo Nervenfasern in das Rückenmark eintreten oder aus diesem hervortreten — vereinigen sich Bündel von sensiblen (hintere Wurzel) und motorischen Fasern (vordere Wurzel) zu einem gemeinsamen Nervenstrang. Es ist bemerkenswert, daß alle Rückenmarksnerven derartige »gemischte« Nerven sind (vgl. Fig. 3).

Ist man soweit über den anatomischen Aufbau des Rückenmarks orientiert, so ist es nicht allzu schwierig, daraus die dreifache Funktion desselben abzuleiten. Die Pyramidenbahn faßt innerhalb des Rückenmarks alle motorischen Zentren einheitlich zusammen und befähigt dadurch das Rückenmark, die vom Großhirn kommenden Bewegungsimpulse auf die peripheren Bewegungsnerven (vordere Wurzeln) zu übertragen. Umgekehrt strömen die von den peripheren Empfindungsnerven der Haut, Muskeln, Gelenke und Knochen kommenden Erregungen (Eintritt durch die hinteren Wurzeln) durch das Rückenmark dem Gehirn zu. Diese einheitliche Zusammenfassung der sensorischen Zentren des Rückenmarks erfolgt durch die Gollschen und Burdachschen Stränge. Endlich gehen, infolge zahlreicher Querleitungen innerhalb des Rückenmarks, sensible Erregungen direkt auf motorische Bahnen über, sodaß dadurch jene unwillkürlichen und oft unbewußten Bewegungen entstehen, die unter dem Namen der Reflexe bekannt sind. Zum Schluß sei bemerkt, daß noch bei den niederen Wirbeltieren das Rückenmark an Masse das Gehirn selbst weit übertrifft, und daß die Insekten überhaupt nur einen seiner Funktion nach dem Rückenmark sehr ähnlichen »Bauchnervenstrang« als Nervensystem besitzen.

Das Kleinhirn (Cerebellum).

In der Höhe der Ohren sitzt hinten auf dem Rückenmark, welches in dieser Gegend beträchtlich stärker ist und hier den Namen »Verlängertes

Mark« (Medulla oblongata) führt, das Kleinhirn auf. Ähnlich wie der Bauernbub, der auf dem Rücken seiner Mutter »Huckepack« macht, hockt es auf dem verlängerten Mark und umklammert dieses mit zwei kräftigen Armen, die als Brückenarme, auch kurz »Brücke« (Pons) genannt, sofort ins Auge fallen, wenn man sich ein menschliches Gehirn einmal von vorn ansieht (siehe unten Fig. 7). Auf den anatomischen Bau des Kleinhirns soll hier nicht weiter eingegangen, wohl aber sollen seine wichtigen Funktionen beschrieben werden. Das Kleinhirn erhält Nervenzuleitungen von allen Muskeln, Sehnen und Gelenken, auch von den Bogengängen des Labyrinths*) im Ohr. Auf Grund dieser Zuleitungen registriert das Kleinhirn ununterbrochen jede Lageveränderung der beweglichen Körperteile und erzeugt in unserem Bewußtsein jederzeit ein erschöpfendes Bild von der Raumlage unseres Körpers (Flechsig). Schließt man die Augen, so weiß man gleichwohl, ob man sitzt, steht oder geht; man hat auch immer eine deutliche Vorstellung von der Lage seiner Arme und Beine, selbst wenn dieselbe ohne unser Zutun durch einen Dritten verändert wird (passive Bewegung). Dieses ständige Vergegenwärtigen der Lage des Körpers vermittelt dem Bewußtsein das Kleinhirn. Ist das Kleinhirn erkrankt, so treten als Begleiterscheinungen, wie uns die Gehirnpathologie (Lehre von den Gehirnkrankheiten) bestätigt, entsprechende Gleichgewichtsstörungen auf. Es kommt selbstverständlich auf Art und Grad der Erkrankung an, im allgemeinen aber pflegen Kleinhirnkranke, wenn sie stillstehen sollen, zu schwanken, gleichviel, ob dabei die Augen offen oder geschlossen sind. Das Kleinhirn steht auch mit dem Ohrlabyrinth in nervöser Verbindung und kann deshalb, ohne selbst erkrankt zu sein, in seinem Dienste versagen, wenn es von da aus mangelhaft innerviert wird. Weicht jemand gar zu ängstlich jedem Aufstieg auf eine Leiter aus mit der Ausrede, daß er leicht schwindle, so wird man in vielen Fällen auf eine entsprechende Frage die Auskunft erhalten, daß er etwas schwerhörig sei, bzw. einmal ein Ohrleiden gehabt habe. Daß das Kleinhirn ein Gleichgewichtsorgan ist, geht einwandfrei aber auch aus vergleichenden Studien an Tiergehirnen hervor. Edinger (Frankfurt) gelang der Nachweis, daß unter den Fischen manche Rundmäuler (Myxine) und unter den Schwanzlurchen die Gattung Proteus keine Spur eines Kleinhirns besitzen. Selbst bei den meisten Amphibien ist nur ein minimales Blättchen an Stelle des Cerebellums vorhanden.

*) Das Labyrinth, ein mit Flüssigkeit (Labyrinthwasser) erfüllter Teil des inneren Ohres, scheint gegen Erschütterungen überaus empfindlich und daher besonders geeignet zu sein, Anzeichen dafür abgeben zu können, in welcher Lage sich der Kopf, bzw. der ganze Körper befindet.

Bei den Vögeln und den großen Schwimmern dagegen, den Haien und Lachsen, ist das Kleinhirn so enorm groß, daß so leicht niemand in dem Riesenorgan das dünne Blättchen wiedererkennen würde, aus dem es entstanden ist. Die Kleinhirnentwicklung, fand Edinger, ist so durchaus von den lokomotorischen Anforderungen abhängig, daß innerhalb sich ganz nahestehender Familien die größten Differenzen vorkommen. Nicht nur haben die wenig schwimmenden Flunderarten sehr kleine Cerebella, sondern auch unter den Schildkröten zeigen die landlebigen oft nur halb so große Kleinhirne wie die schwimmenden Arten. Das gleiche wurde beobachtet an den landlebigen Eidechsen und den schwimmenden großen Sauriern.

Das Großhirn (Cerebrum).

Das frische Gehirn, von den häutigen Hüllen befreit, zeigt in rötlichgrauer Farbe eine vielfach gewundene Oberflächengestalt, wie wir sie ähnlich beim Walnußkern antreffen. Ein Schnitt in die Gehirnmasse hinein würde uns sofort belehren, daß die »Graue Substanz« oder das »Rindengrau« nur einen etwa 2,5 mm starken Überzug bildet über das eigentliche Gehirnmassiv, welches weiß aussieht, stark faserige Struktur besitzt und den Namen »Marksubstanz« trägt. Wie man bei einer maschinellen Anlage den Dampfkessel bzw. die Dynamomaschine als eigentliches Kraftzentrum unterscheiden kann von den fernleitenden Dampfröhren, bzw. dem Drahtnetz, so kann man auch im Gehirn das Rindengrau als den eigentlichen Energiespeicher und die Marksubstanz als das Gewirr eines komplizierten Fernleitungssystems ansprechen. Die Oberfläche des Gehirns wird von zahlreichen Haupt- (Fissuræ) und Nebenfurchen (Sulci) durchzogen. Mit dem Namen Hirnwindungen (Gyri) bezeichnet man die zwischen den Furchen liegenden Dämme oder Wälle. Durch die größte, in der Körpermitte von vorn nach hinten verlaufende Furche, die Mantelspalte oder Längsfurche (Fissura longitudinalis), wird das Großhirn in zwei Hälften oder Hemisphären zerlegt (Fig. 1). Wie das Rückenmark, so wird auch das Großhirn von mehreren Häuten umgeben. Zwei sollen genannt werden. Die harte Hirnhaut (Dura mater) ist eine zähe Schutzhülle —. daher bei Schädelbrüchen oft unverletzt —, die sich mehr oder weniger an den knöchernen Schädel anlegt (in Fig. 1 sehr deutlich). Die Gefäßhaut (Pia mater) dagegen erfüllt einen anderen Zweck. Diese Haut (in Fig. 1 und 2 abgezogen) ist überaus reich mit Blutgefäßen durchsetzt, dringt in alle Windungen und Spalten ein, um durch Einsenken kleiner Blutgefäße die Hirnrinde zu ernähren. Die ältere Hirnforschung hat sich viel bemüht, die

Hirnwindungen mit der geistigen Befähigung in Parallele zu bringen. Gleichwohl hat sich keine Gesetzmäßigkeit auffinden lassen. Das Gehirn des Schafes erweist sich als verhältnismäßig windungsreich, und geistig hochstehende Affenarten besitzen bisweilen ein windungsarmes, nahezu glattes Gehirn. Der Widerspruch wird indes zum guten Teil gelöst, wenn man berücksichtigt, daß die Ernährung der Rinde des Gehirns vorwiegend durch die Pia mater erfolgt. Wie die Leistungsfähigkeit eines Dampfkessels wächst proportional der Rostgröße, d. h. proportional der heizbaren Fläche, so wird auch ein windungsreiches Gehirn besser ernährt werden können als ein windungsarmes, So steht die Intelligenz nur indirekt zum Reichtum der Windungen in Beziehung, sofern ein gut ernährtes Gehirn immer

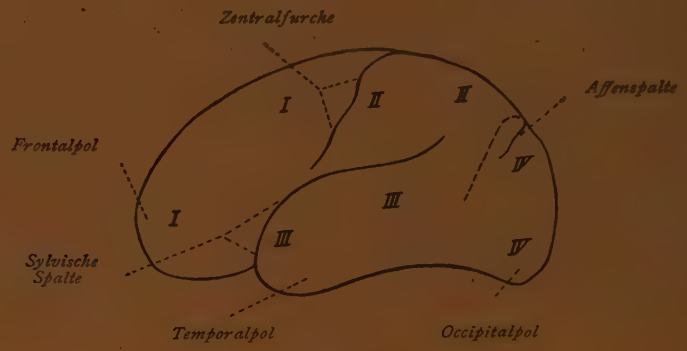


Fig. 4.

I = Stirnlappen oder Stirnhirn (Lobus frontalis). *II* = Scheitellappen oder Scheitelhirn (Lobus parietalis). *III* = Schläfenlappen oder Schläfenhirn (Lobus temporalis). *IV* = Hinterhauptlappen oder Hinterhauptbirn (Lobus occipitalis).

leistungsfähiger sein wird als ein schlecht genährtes. In der Tat besitzen kleinere Tiere windungsarme, größere Tiere windungsreichere Gehirne. Das windungsreichste Gehirn besitzt der Mensch.

Um sich in dem Wirrwarr der Windungen am Gehirn zurechtzufinden, teilt man die Gehirnoberfläche in vier Bezirke oder Lappen (Lobi) ein. Diese Gliederung wird ganz natürlich hervorgerufen durch drei lappenbildende Furchen, und zwar: Erstens durch die sanft ansteigende mehr oder weniger horizontal verlaufende Sylvische Spalte (Fissura Sylvii), zweitens durch die nahezu vertikal stehende Zentralfurche, die auch der Rolandosche Spalt (Sulcus centralis oder Sulcus Rolandi) genannt wird und endlich die sogenannte Affenspalte (Sulcus parieto-occipitalis) im hinteren Scheitelhirn, die ebenfalls nahezu vertikal verläuft, auf der Außenseite des Gehirns aber weniger weit herabreicht als auf der Medianseite einer jeden Hirn-

hälfte. Die letzte Furche tritt in der Tierreihe beim Affen zuerst auf und hat darnach ihren Namen erhalten (Fig. 30). Die durch lappenbildende

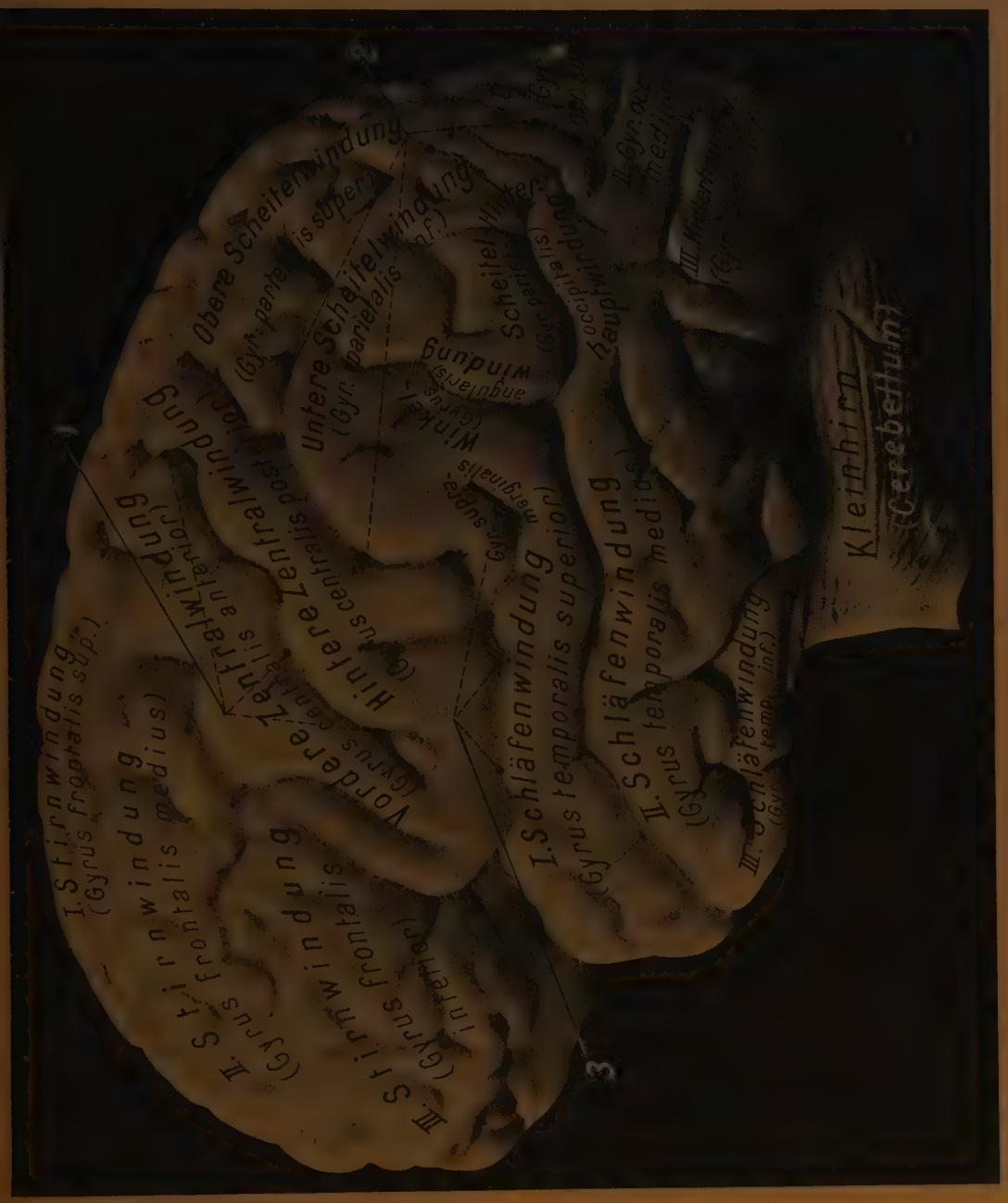


Fig. 5. Gehirn des erwachsenen Menschen in natürlicher Größe. Seitenansicht.
1 = Zentralfurche oder Rolandoscher Spalt (Sulcus centralis oder Sulcus Rolandi). 2 = Scheitelfurche (Sulcus interparietalis).
3 = Sylvische Spalte (Fossa Sylvii).

Furchen entstehenden Rindenbezirke sind der Fig. 4 leicht zu entnehmen. Die gleichmäßige Plastik des Gehirns wird an einigen Stellen durch etwas stärkere Vorwölbungen unterbrochen. Diese Stellen heißt man Pole. Es

gibt drei solcher Polargebiete: der Stirnpol (Polus frontalis) der Schläfenpol (Polus temporalis) und der Hinterhauptpol (Polus occipitalis).

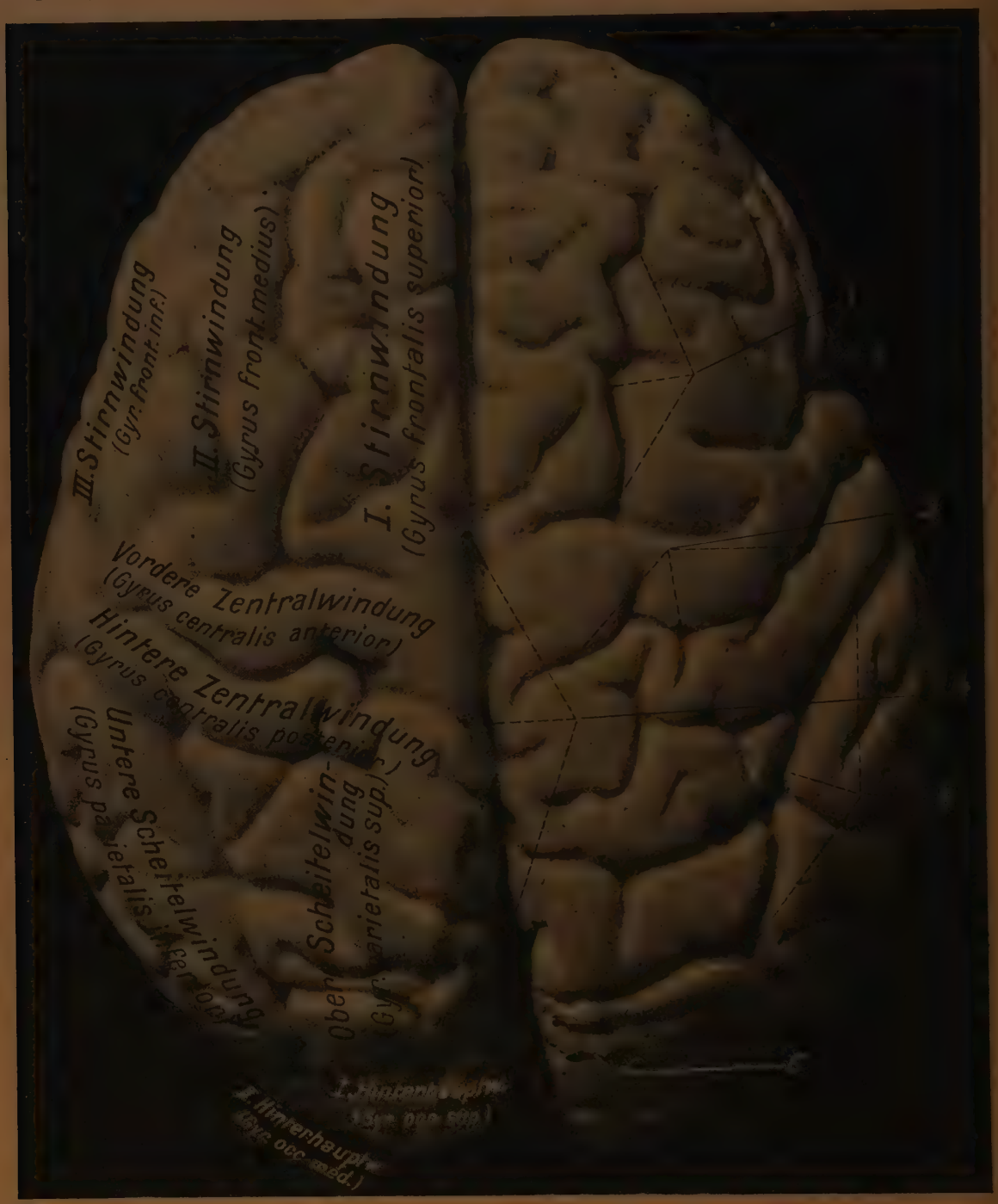


Fig. 6. Gehirn des erwachsenen Menschen in natürlicher Größe. Von oben gesehen.
1 = I. Stirnfurche (Sulcus frontalis superior). 2 = II. Stirnfurche (Sulcus frontalis inferior). 3 = Zentralfurche (Sulcus centralis). 4 = Mantelspalte (Fissura longitudinalis). 5 = Scheitelfurche (Sulcus interparietalis). 6 = Affenspalte (Sulcus parieto-occipitalis).

Die naturgemäße Gliederung der Großhirnrinde durch Furchen und Windungen würde sich in der Übersicht demnach wie folgt gestalten:

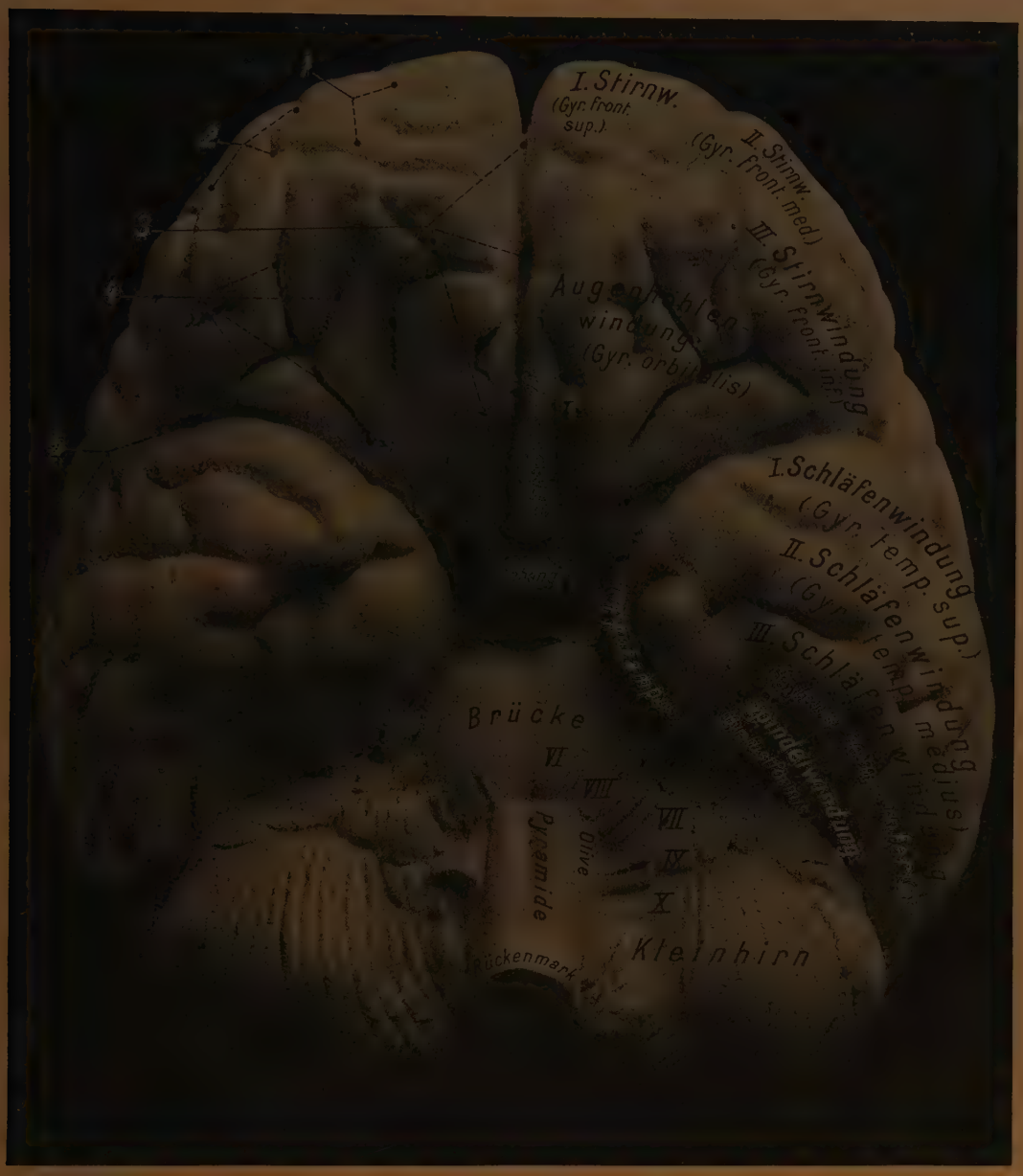


Fig. 7. Gehirn des erwachsenen Menschen in natürlicher Größe. Von unten gesehen.
1 = I. Stirnfurche (Sulcus frontalis superior). 2 = II. Stirnfurche (Sulcus frontalis inferior). 3 = Mantelspalte oder Längsfurche (Fissura longitudinalis). 4 = Augenhöhlenhirnfurche (Sulcus cruciatus orbitalis). 5 = Sylvische Spalte (Fossa Sylvii).

1. Die von vorn nach hinten ziehende Mantelspalte zerlegt das ganze Gehirn in eine rechte und linke Hemisphäre.

2. Zur Mantelspalte fast rechtwinklig steht in jeder Hemisphäre die Zentralfurche. Zu beiden Seiten der Zentralfurche liegt die vordere und hintere Zentralwindung.

3. Von der vorderen Zentralwindung aus nach dem Stirnpol hin erstrecken sich die 1., 2. und 3. Stirnwindung. Diese drei Windungen bilden das Stirnhirn (Frontalhirn).

4. Zwischen hinterer Zentralwindung und Affenspalte liegt das Parietalhirn, welches von der Scheitelfurche sichelförmig durchzogen und dadurch in eine obere und untere Scheitelwindung zerlegt wird.

5. Die untere Scheitelwindung läßt nicht immer, aber doch an den meisten Gehirnen drei Unterabteilungen erkennen:
   a) die Windung, die die Sylvische Spalte hinten abschließt,
   b) die Winkelwindung und
   c) die Scheitel-Hinterhauptwindung.

6. Unterhalb der Sylvischen Spalte liegt das Temporalhirn mit der 1., 2. und 3. Schläfenwindung.

7. Im Occipitalhirn findet man die 1., 2. und 3. Hinterhauptwindung. (Hierzu Fig. 5, 6 und 7, in denen das Gehirn in natürlicher Größe wiedergegeben ist!)

2. Abschnitt.

Entwickelung des Gehirns aus dem Medullarrohr, Insel, Hirnstamm, Linsenkern mit innerer und äußerer Kapsel, Ventrikel.

Schon die Bezeichnung Hirnrinde (Cortex cerebri) für die Oberfläche des Großhirns deutet darauf hin, daß im Großhirn irgend etwas eingeschlossen sein muß, sei es ein fester Kern oder ein Hohlraum. Beides ist der Fall. Das Großhirn enthält in seinem Innern unter der Marksubstanz verborgen sogar eine Anzahl Kerne und mehrere Hirnhöhlen. Diese kennen zu lehren, setzt sich der vorliegende Abschnitt zur Aufgabe. Fig. 8 stellt das Gehirn eines 7 Wochen alten, noch im Mutterleibe befindlichen Menschen dar. Das ganze Nervensystem ist ein schlauchförmiges Gebilde. Am oberen Ende eines fadenförmig dünnen Teiles (in Fig. 8 nur ein Stück zu sehen) haben sich fünf Anschwellungen, Hirnbläschen genannt, gebildet. Aus jedem dieser Bläschen entwickelt sich ein ganz bestimmter Teil des späteren Gehirns. Verfolgt man das Wachstum des Nervensystems noch durch einige weitere, spätere

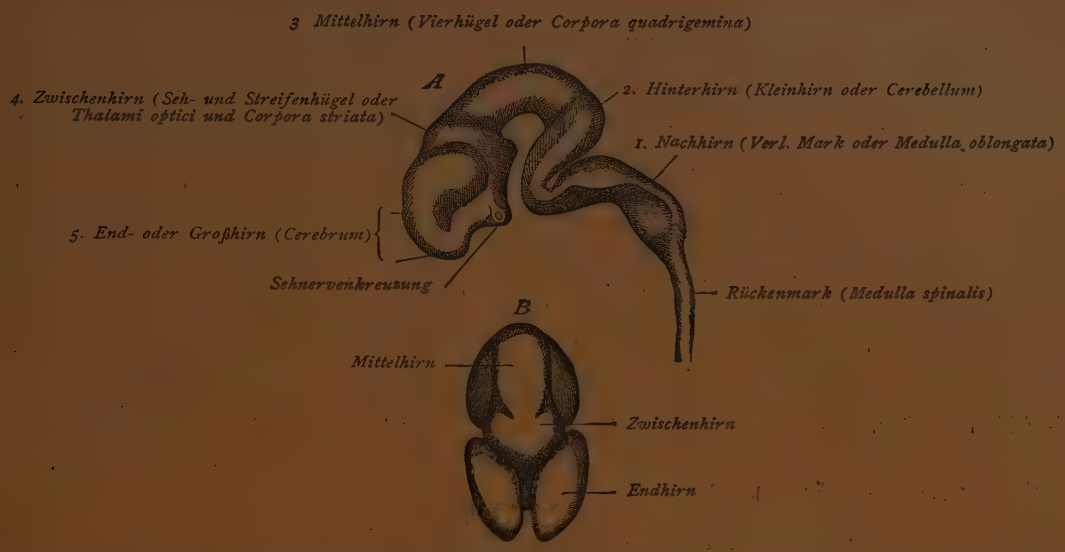


Fig. 8. Gehirn eines 7 Wochen alten menschlichen Embryos. Dreimal vergrößert. Nach MICHALCOVICS. *A* seitliche, *B* obere Ansicht.

Fig. 9*). Kopf mit Gehirn eines Embryos aus dem VI. Graviditätsmonat. *J* = Insel.

*) Fig. 9 wurde nach einer von HEINE (Univ. Breslau) entwickelten Methode »zwei Aufnahmen auf eine Platte« hergestellt. HEINE zerlegte den Kinderkopf mit Gehirn durch einen Medianschnitt in seine symmetrischen Hälften. In der hier abgebildeten rechten Hälfte lag also lose drin die rechte Hirnhemisphäre. Bringt man nun das Präparat auf eine ebene Unterlage und photographiert von oben, nimmt alsdann den Schädel weg und photographiert noch einmal auf dieselbe Platte bei unverrücktem photographischen Apparat das an entsprechender Stelle liegen gebliebene Gehirn, so erscheint, wenn man nunmehr die Platte regulär entwickelt, das Gehirn an richtiger Stelle im Schädel drin. Der Effekt ist namentlich bei stereoskopischer Aufnahme ganz überraschend.

Entwickelungsstadien hindurch, so ergibt sich, daß dieses anfangs schlauchartige Gebilde nicht nur in seiner Längsrichtung größer wird, sondern daß das Groß- oder Endhirn, die spätere Hirnrinde, in der Stirngegend umkehrt und rapid nach rückwärts wächst, alle anderen Gehirnteile bis zum Kleinhirn überdeckend und schalenartig einhüllend. Diese Wachstumsrichtung der Hirnrinde ist in Fig. 9 gut zu sehen. Rückenmark und Kleinhirn sind frei geblieben, Zwischen- und Mittelhirn aber durch das rückläufige Wachstum der Rinde bereits überdeckt. In der Schläfengegend liegt das Großhirn horizontal (J = Insel), steigt dann an der Stirn in die Höhe (Stirnlappen), geht nunmehr im Scheitelteil des Schädels nach rückwärts (Scheitellappen), am Hinterhaupt abwärts (Hinterhauptlappen) und wendet sich endlich schräg auswärts nach vorn (Schläfenlappen). Bei noch weiterem Fortschritt des

Fig. 10. Sagittalschnitt durch die linke Hirnhemisphäre vom Schaf. Natürliche Größe.

Wachstums ist das vordere Ende des Schläfenlappens (Schläfenpol) später bis nahezu in die Stirngegend vorgerückt, sodaß nun auch die oben als »Insel« (J) bezeichnete Stelle, von der aus das Wachstum verfolgt wurde, unter der Hirnrinde verschwunden ist. Beim Erwachsenen ist die Insel also von außen nicht zu sehen, liegt vielmehr tief drin in der Sylvischen Spalte, die der obere Rand des Schläfenlappens mit dem unteren Rand des Scheitel- und Stirnhirns bildet. Um nun das Mittel- und Zwischenhirn auch noch kennen zu lernen, muß das Großhirn durch Messerschnitte entfernt werden. Vorher sei indes eine Orientierung an dem in Fig. 10a bgebildeten Präparat empfohlen. Die Entstehung des Präparates soll hier außer acht bleiben; es genügt vielmehr, zu wissen, daß es ein Schnitt von der Stirn nach dem Hinterhaupt zu durch die linke Hirnhemisphäre des Schafes ist. Am rechten

Ende der Figur erblickt man das Rückenmark. Das baumartige Gebilde ist das angeschnittene Kleinhirn. Es soll durch einen Messerschnitt in der Richtung des (schwarzen) Striches beseitigt werden. Jetzt folgen nach links hin alle jene Gebilde (Vierhügel, Sehhügel, Streifenhügel), die bloßgelegt werden sollen. Erst jenseit des zweiten (schwarzen) Striches beginnt das Großhirn. Zur Beseitigung dieses Endhirns genügt nun nicht dieser eine durch den zweiten Strich markierte Schnitt in der Stirngegend, sondern

Fig. 11. Hirnstamm des Menschen in natürlicher Größe von hinten gesehen.
$b\,b$ = Brückenarme, Durchschnittstelle, wo das Kleinhirn losgetrennt wurde. $v_1, 2, 3, 4$ = Vierhügel. $S\,S$ = Sehhügel. $St\,St$ = Streifenhügel. $d_1\,d_2\,d_3$ = Durchschnittstelle, wo die Hirnrinde abgetrennt wurde. $J\,J$ = Insel, r = Rautengrube. Z = Zirbeldrüse.

die Durchtrennung muß davor und dahinter in der Schläfengegend (Insel) auch noch erfolgen, so daß die gesamte zweite Schnittführung, die die Rindenabtrennung bewirkt, von oben gesehen folgende horizontale Schnittform zeigt ⊓. Nach Ausführung dieser Schnitte hält man als Stumpf das verlängerte Mark samt einigen knolligen Gebilden daran in der Hand. Dieser Stumpf heißt der Hirnstamm. Was sich an ihm beobachten läßt, konnte bereits an Fig. 10 ermessen werden. Blickt man von hinten her auf das etwas in die Höhe gerichtete Präparat der Fig. 10, dann muß zu

sehen sein von unten nach oben: die Durchschnittstelle, wo das Kleinhirn abgetrennt wurde, die Vierhügel, die Sehhügel, die Streifenhügel und darüber die Durchschnittstelle, wo die Hirnrinde abgetrennt worden ist. Die Verhältnisse liegen in der Tat so — auch beim Menschen! Die Fig. 11 bietet aber außerdem noch zwei Einzelheiten: zwischen den durchschnittenen Brückenarmen (*b b*) eine pfannenförmige Vertiefung, Rautengrube (*r*) genannt, auf deren Bedeutung wir weiter unten nochmals zurückkommen müssen, und ferner über den Vierhügeln das kleine kugelige Gebilde der Zirbeldrüse (*z*). Das letztere Organ, bei DESCARTES noch die erhabene Rolle des Seelensitzes spielend, hat in der Psychologie seine dominierende Stelle definitiv aufgeben müssen, seit uns die moderne Wissenschaft gelehrt hat, daß es der geschrumpfte, nervöse Funktionsherd eines dritten Auges an der Stirn oder am Scheitel ist, eines Sinnesorganes also, welches es heute gar nicht mehr gibt. Und doch! Unter den Reptilien Australiens hat man ein Tier entdeckt, die Brückenechse (Hatteria), die am Scheitel noch ein augenähnliches Organ besitzt. Die genauere Untersuchung ergab allerdings auch da, daß es nicht mehr funktionsfähig war. Im Anschluß an diese entwickelungsgeschichtliche Notiz sei gleich bemerkt, daß die Entwickelung des Gehirns auch in der Tierreihe mit den knolligen Gebilden des Hirnstammes eingesetzt haben muß. Nur so wird es uns verständlich, daß z. B. die niederen Wirbeltiere an Stelle der Vierhügel beim Menschen nur ein Zweihügelsystem (Lobi optici genannt) besitzen und die Fische überhaupt keine Hirnrinde haben, d. h. über die Bildung des Hirnstammes nicht hinausgekommen sind (Fig. 12). Die Fig. 13 bildet den in Fig. 11 bereits dargestellten Hirnstamm noch einmal von vorn ab. Die Basis des Stirnhirns der rechten und linken Hemisphäre, die Mantelspalte und die beiden Inseln (*J*) sind leicht wieder zu finden. In *K* kreuzen sich die beiden Sehnerven (*s*), indem der Sehnerv des linken Auges (Pfeilrichtung!) nach hinten zu in den hervorlugenden

Fig. 12. Karpfenkopf mit Gehirn. Nach Dr. HEINE. (Methode »Zwei Aufnahmen auf eine Platte«.)

rechten Sehhügel, der Sehnerv des rechten Auges dagegen in den linken Sehhügel scheinbar einstrahlt. Scheinbar — denn die nähere Untersuchung ergibt, daß kaum ein Dritteil der Sehnervenfasern in den Sehhügel gelangen, während ein zweites Drittel in den vorderen Vierhügel und in eine benachbarte höckrige Wulst, den seitlichen Kniehöcker (Corpus geniculatum laterale, in Fig. 13: *Cgl*) einstrahlt und das letzte Drittel direkt nach der

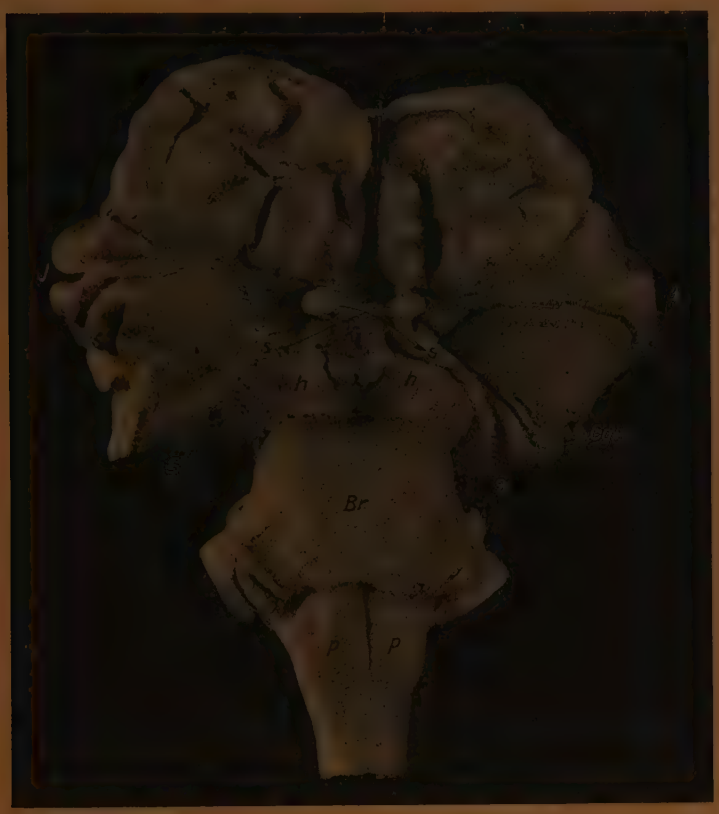


Fig. 13. Hirnstamm des Menschen in natürlicher Größe von vorn gesehen.
SS = Sehhügel. *Cgl* = Corpus geniculatum laterale oder seitlicher Kniehöcker. *ss* = Sehnerv. *K* = Sehnervenkreuzung. *Br* = Brücke. *pp* = Pyramiden. *J* = Insel.

Großhirnrinde zu verläuft. (Vgl. »Sehnervenkreuzung« in Fig. 71 und »Sehbahn« in Fig. 44.) Die beiden Sehnerven umkreisen auf ihrem Wege (Fig. 13) zwei mächtige Längsfaserbündel, die Hirnschenkel (*hh*), in die sich das verlängerte Mark aufteilt. Nach unten in Fig. 13 liegt dann querüber die Brücke (*Br*) und unmittelbar darunter heben sich in etwas erhöhter Plastik die beiden Pyramiden (*pp*) ab, durch die die Stränge der Pyramidenbahn verlaufen. Die beiden Hirnschenkel (*hh*), bisweilen auch Großhirnstiele

(Pedunculi cerebri) genannt, können aber nun gar nicht so schnurstracks in die Hirnrinde einlaufen, wie das aus Fig. 13 vermutet werden könnte, sie würden sonst in den dicht darüber gelagerten Sehhügeln ein vorzeitiges Ende finden. Obwohl einzelne Faserzüge diese Hügel durchsetzen (Taststrahlung), biegt doch der Hauptschwarm dicht unter den Sehhügeln weit nach außen, also nach der Insel zu ab, tritt unter Hinzunahme zahlreicher neuer Fasern aus verschiedenen Bezirken des Gehirns in d_1 und d_3 (Fig. 11) an die Oberfläche unseres Präparates und verteilt sich alsbald, fächerförmig auseinanderweichend, als sogenannter »Stabkranz« auf die ganze Hemisphäre. In viel innigere Beziehung wie zu den Sehhügeln treten diese Fasersysteme des Hirnstammes zu den Streifenhügeln. Diese Streifenhügel sind nämlich viel größer als nach ihrer Oberflächengestalt in Fig. 11 zu urteilen ist. Von dem in Fig. 11 sichtbaren Teil (*St*) aus erstrecken sie sich tief nach unten und außen in das Innere des Hirnstammes hinein. Alle auf- und absteigenden Faserzüge müssen die Streifenhügel durchsetzen. Auf einem Querschnitt durch den Hirnstamm erscheint deshalb jeder Streifenhügel in mehrere graue Kerne zertrümmert, zwischen denen weiße Markfaserstränge von unten nach oben hinziehen. Diese einzelnen Teile des Streifenhügels haben in der Gehirnanatomie besondere Namen erhalten. Jener an der Oberfläche sichtbare Teil (bisher mit *St* bezeichnet) führt den für die Form charakteristischen Namen »Geschwänzter Kern« oder »Schweifkern« (Nucleus caudatus). Ein zweiter, etwas tiefer liegender Teil des Streifenhügels, der von einer dicken Strähne des Hirnschenkels (Innere Kapsel = Capsula interna) und von einer sehr viel dünneren Strähne anderer Herkunft (Äußere Kapsel = Capsula externa) eingekapselt erscheint, wird Linsenkern (Nucleus lentiformis) genannt, und der am weitesten nach außen liegende Rest des Streifenhügels, der sich als schmales, graues Band parallel zur Oberfläche der Insel hin-

Fig. 14. Die rechte Hälfte der Fig. 13 im Vertikalschnitt.
Br = Brücke, *b* = Brückenarm, *S* = Sehhügel, *J* = Insel, *ik* = Innere Kapsel, *ak* = Äußere Kapsel, *v* = Vormauer, d_2 und d_3 wie in Fig. 11 und 15.

zieht, heißt »Bandkern« oder »Vormauer« (Claustrum). Schweifkern, Linsenkern und Vormauer bilden also zusammen den Streifenhügel, und innere und äußere Kapsel sind auf- bzw. absteigende Faserzüge, die den Streifenhügel durchsetzen. Denkt man sich den in Fig. 13 abgebildeten Hirnstamm glasartig durchsichtig, so würde sich die Fortsetzung der Hirnstiele (*hh*) im Innern etwa so ergeben, wie sie in Fig. 14 schematisch dargestellt ist. Zum Zwecke größerer Klarheit soll der Hirnstamm in seinem oberen Teil noch einmal horizontal durchschnitten gezeigt werden. Man nehme Fig. 11 zur Hand und vergegenwärtige sich die Schnittrichtung wie folgt: die Messerklinge wurde zwischen $v_1 v_2$ und $v_3 v_4$ hineingehalten, ihre Schärfe den Sehhügeln zugewendet und nun parallel zu d_1 und d_3 in der Richtung auf d_2 zu geschnitten, sodaß die Kuppen von *SS* und *St St* abgehoben würden. Auch hier kann man schon im voraus sagen, was durch den Schnitt bloßgelegt wird: Insel, Sehhügel und Streifenhügel (Schweifkern, Linsenkern, Bandkern oder Vormauer) mit innerer und äußerer Kapsel — alles in nahezu horizontalem Querschnitt. Fig. 15 gibt den Querschnitt durch den Hirnstamm schematisch, Fig. 16 im Original wieder. Man studiere beide Figuren im Zusammenhang mit Fig. 11 und 14.

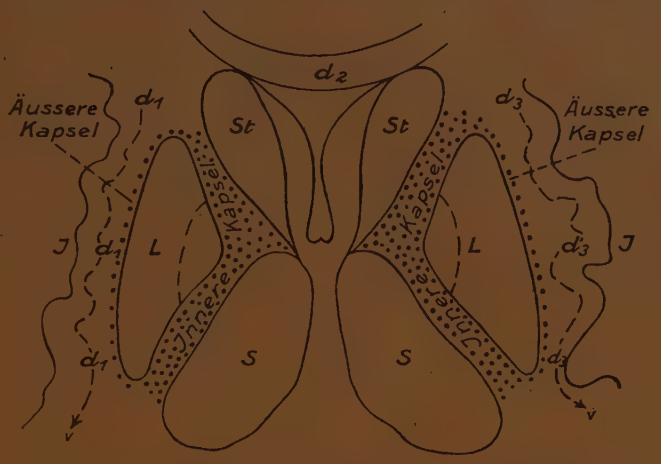


Fig. 15. Schematischer Querschnitt durch den Linsenkern. J = Insel. d_1, d_2, d_3 = Tiefer gelegene Stellen der in Fig. 7 angegebenen Durchschnittstellen. S = Sehhügel. *St*, L und v = die grauen Kerne der Streifenhügelformation, und zwar: *St* = Schweifkern oder geschwänzter Kern, L = Linsenkern, v = Vormauer.

Fig. 16. Originalquerschnitt durch den Linsenkern mit innerer und äußerer Kapsel.

Vor dem Verlassen dieses für den Laien zweifelsohne schwierigsten Kapitels soll noch ein kurzes Wort über die Hirnhöhlen (Ventrikel) gesagt werden. Oben wurde bereits dargetan, daß sich das ganze Nervensystem herausbildet aus einem schlauchförmigen Gebilde mit den Hirnbläschen an seinem oberen Ende. An diese Entwickelung aus dem Medullarrohr erinnert beim erwachsenen Menschen noch die Tatsache, daß ein einziger zusammenhängender Hohlraum das ganze Nervensystem durchzieht. Dieser Hohlraum beginnt mit dem Zentralkanal im Rückenmark, erscheint dann auf der Rückseite des verlängerten Markes (Fig. 11) als offene, vom Kleinhirn überdeckte Rinne (Rautengrube oder IV. Ventrikel), schließt sich alsbald wieder zu einer Röhre und zieht unter den Vierhügeln als Sylvische Wasserleitung (Aquaeductus Sylvii) nach jenem größeren Hohlraum hin, der sich zwischen den Seh- bzw. Streifenhügeln beider Hemisphären befindet (III. Ventrikel — deutlich zu sehen in Fig. 11). Von dem 3. Ventrikel zweigen sich vorn in der Stirngegend links und rechts die Großhirnhöhlen oder Seitenventrikel (I. und II. Ventrikel) ab, die in ihrem weiteren Verlaufe vollständig dem Längenwachstum der Großhirnrinde folgen, also an der Stirn in die Höhe gegen (Vorderhorn des Seitenventrikels), sich durch das Scheitelhirn nach dem Hinterhaupt hinziehen (Hinterhorn des Seitenventrikels), dort umkehren, um, schräg nach auswärts und vorn verlaufend, im Temporalpol zu enden (Unterhorn des Seitenventrikels). Fig. 17 stellt das Ventrikelsystem in seinem Zusammenhang dar. Die Hirnhöhlen wurden an mehreren Stellen von außen her geöffnet und durch die kleinen Öffnungen flüssiger Gips eingelassen. Nach dem Erstarren kann die Hirnsubstanz leicht entfernt werden, und man hat in plastischer Gestalt die Form der Hirnhöhlen vor sich. Im Zusammenhang mit Fig. 9 dürfte das Verständnis dieses Ventrikelausgusses nicht allzugroße Schwierigkeiten machen.

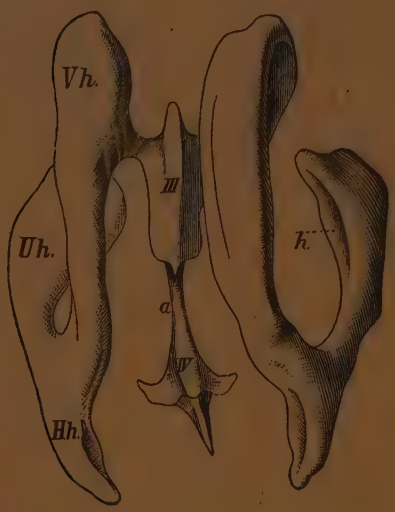


Fig. 17. Ausguß des Ventrikelsystems. Nach RAUBER und WELCKER. *IV* = Rautengrube, *III* = Raum zwischen den beiden Sehhügeln (mittlerer Ventrikel). *Vh* = Vorderhorn, *Hh* = Hinterhorn, *Uh* = Unterhorn des Seitenventrikels. *a* = SYLVIsche Wasserleitung. *h* = Abdruck des Hippocampus.

II. Die feinere makroskopische Anatomie des zentralen Nervensystems.

1. Herstellung der Präparate.

Das Mikroskop gestattet nur die Beobachtung von Objekten, die durchsichtig oder zum mindesten durchscheinend sind. Diese Einschränkung im Gebrauch des Mikroskops auf transparente Körper hat die Physik aber zum guten Teil durch den Nachweis behoben, daß alle Gegenstände ausnahmslos durchsichtig zu machen seien dadurch, daß man sie in sehr dünne Schichten zerlegt und eine solche einzelne Schicht bei durchfallendem Lichte betrachtet. In der Tat sind sehr dünne Schichten von Holz, Gold, Silber, ja selbst Granit (Dünnschliffe) glasartig durchsichtig. Die Durchforschung der feineren Struktur der Gehirnsubstanz mußte also in dem Moment möglich werden, in dem es gelang, die Gehirnmasse in so dünne Schichten zu zerlegen, daß sie, gegen das Licht gehalten, vollständig transparent erscheint. Das ist in der Tat — zuerst durch einen Zufall*), später durch planmäßiges Ausprobieren — gelungen. Die gesamte moderne Gehirnforschung basiert geradezu auf dem Studium solcher Dünnschnitte. In den psychiatrischen Instituten zerlegt man heute das normale Gehirn eines erwachsenen Toten in mehrere Tausende**) nahezu lückenlos aufeinanderfolgende Schichten, deren Stärke nur $^1/_{20}$ bis $^1/_{100}$ mm beträgt. Wie sieht aber eine solche dünne Schicht Gehirnmasse, »Gehirnschnitt« genannt, aus, und wie wird sie hergestellt? Das soll jetzt gezeigt werden.

*) Der Kasseler Arzt B. Stilling hatte am 24. Januar 1842 in seinem Laboratorium ein Stück Rückenmark von einer Leiche liegen lassen. Als er am nächsten Morgen nachsah, war das Stück Rückenmark bei einer Nachtkälte von — 13° R fest gefroren. Mit dem Rasiermesser machte er einen mäßig feinen Querschnitt durch das Mark und, so erzählt er, »als ich diesen unter das Mikroskop brachte und bei 15facher Linearvergrößerung die prächtigen Querstrahlungen (zentralen Nervenbahnen) sah, da hatte ich einen Schlüssel gefunden, der die Gemächer zu dem wunderbaren Bau des Rückenmarkes öffnete. Nicht froher hatte Archimedes sein εὕρηκα gerufen, als ich es bei jenem Anblick ausrief«. — Später hat man ganze Leichen gefrieren lassen und nach den Muskelquerschnitten sogar anatomische Atlanten hergestellt. Heute ist die sogenannte »Gefriermethode« längst übertroffen durch neue Methoden, deren Handhabung weit einfacher ist.

**) Wieviel eine vollständig geschlossene Serie Gehirnschnitte vom Menschen Einzelschnitte enthält, kann sich jeder selbst ausrechnen, der weiß, daß ein Menschengehirn vom Hinterhauptspol bis zum Stirnpol ca. 16 cm, von Ohr zu Ohr gemessen im Durchmesser ca. 14 cm und von der Schädelbasis nach dem Scheitel zu 10 cm groß ist. Bei einer mittleren Schnittstärke von 50 μ = 0,050 mm ergeben sich dann: 3200 Frontalschnitte oder 2800 Sagittalschnitte oder 2000 Horizontalschnitte.

Das frisch aus dem Schädel herausgenommene Gehirn ist so weich, daß beim Zerschneiden die Teile leicht durcheinander geschoben werden und die Form total verloren geht; plattet es sich doch schon nach ganz kurzer Zeit vollständig ab, wenn man es auf eine ebene Unterlage bringt. Am besten bewahrt es noch seine ursprüngliche Form, wenn man es an der kräftigen Schlagader an der Basis des Gehirns (Arteria basilaris) aufhängt. Den Alten war nun schon der Alkohol als eine Flüssigkeit bekannt, die anatomische Präparate mit der Zeit härtet; nur zeigt sich der Nachteil, daß der Alkohol dem Präparat Wasser entzieht und es dadurch stark schrumpfen läßt. Formalin (40%ige Lösung von Formaldehyd) härtet auch sehr gut und besitzt diese Nebenwirkung nicht, bleicht aber dafür die natürliche Färbung, sodaß z. B. mit der Zeit der Unterschied zwischen Rindengrau und Marksubstanz fast ganz schwindet. Gleichwohl bewährt es sich vorzüglich für Studien, die sich nur auf einige Wochen oder Monate erstrecken. Für die Herstellung von Dünnschnitten härtet man das Gehirn in der Regel $^3/_4$ Jahr lang in einer Lösung von chromsaurem Kali. Das Zerlegen in durchsichtige Schnitte erfolgt durch eine maschinelle Vorrichtung, die man Mikrotom nennt. Die wesentlichen Bestandteile des Mikrotoms sind die Messerführung und eine Schlittenführung mit einem Tischchen, auf dem das Gehirn festgekittet wird. Um fester zufassen zu können und eine unveränderte Lage der einzelnen Teile zu garantieren, bettet man das ganze Gehirn in einen Paraffinblock ein*) und montiert den ganzen Block fest auf dem Tischchen. Durch jede Messerbewegung rückt dieser Objektträger um eine vorher einzustellende Distanz ($^1/_{20}$—$^1/_{100}$ mm) automatisch nach oben. Das Abnehmen der von dem Messer herabgleitenden überaus dünnen Schnitte erfordert eine besondere Geschicklichkeit. Eine bekannte Methode ist die, daß man sie in einen Trog mit Wasser gleiten läßt und nun unter Wasser auf ein dünnes Pergamentpapier aufnimmt. Nunmehr werden die Schnitte gefärbt. Es hat sich nämlich ergeben, daß die Chromsäure, in der das Gehirn gehärtet wurde, das Rindengrau vollständig intakt läßt, die Marksubstanz aber etwas beizt, d. h. porös macht, sodaß, wenn die Schnitte in eine blaue Farbe (Hämatoxylin) getaucht werden, die Farbe sich vom Rindengrau durch Auswaschen leicht wieder entfernen läßt, während sie in den Poren der Markfasern festsitzt (daher Markscheidenfärbung). Nach sorgfältigem Auswaschen, Entwässern und Trocknen ölt man

*) Paraffin löst sich leicht in Xylol und wird nach Verdunstung des Xylols wieder fest. Man taucht das Gehirn in solche Lösung oder übergießt es solange damit, bis die Inkrustierung beginnt. Neuerdings nimmt man anstatt Paraffin meist Celloidin.

die. Schnitte zur Herstellung der vollen Transparenz mit Terpentin oder Bergamottöl, überträgt sie durch einen Kunstgriff auf eine Glasplatte, übergießt sie mit Kanadabalsam und drückt eine zweite Glasplatte fest darauf. Mit dem Hartwerden des Kanadabalsams ist das Dauerpräparat gebrauchsfertig, in dem sich nun blauschwarz gefärbte Liniaturen, die Faserzüge der Marksubstanz, scharf abheben von der durch die Chromsäure schwach gelblich gefärbten Rindensubstanz. Die folgenden Abschnitte zeigen eine Anzahl solcher Schnitte aus dem Menschen- und Tiergehirn. Die durch die künstliche Färbung erzeugte Abweichung von der natürlichen Farbe, daß nämlich das Rindengrau im Präparat nicht dunkel, sondern gelblich und die Marksubstanz nicht weiß, sondern schwarzblau erscheint, wurde für den Buchdruck durch Umlegen auf eine photographische Platte korrigiert, im übrigen aber unterblieb möglichst jede Retouche. Die drei am meisten üblichen Schnittrichtungen sind, normale Lage des Gehirns im Schädel vorausgesetzt:

1. Sagittale Messerführung: Bei senkrechter Messerstellung von vorn nach hinten (Stirn-Hinterhaupt), parallel zur Mittel- oder Sagittalebene des Körpers (Fig. 38).
2. Horizontale Messerführung: Bei wagerechter Messerstellung von vorn nach hinten (Stirn-Hinterhaupt) Fig. 37.
3. Frontale Messerführung: Bei senkrechter Messerstelhung von links nach rechts parallel zur Stirnfläche (etwa von Schläfe zu Schläfe, von Ohr zu Ohr usw.) Fig. 74.

2. Studien an Schnitten aus den Gehirnen verschiedener Tiere.

Abgesehen von den höheren Affen, ist der Bau der Rinde des Gehirns bei den höheren Säugetieren von Grund aus verschieden von der des Menschen, sodaß für das Studium des Tiergehirns nach dieser Seite hin in vorliegender Arbeit wenig Raum bleibt. Dagegen ist die Übereinstimmung im Bau des Hirnstammes eine so weitgehende, daß es für das Studium des Gehirns nicht dringend genug empfohlen werden kann, sich etwa vom Fleischer ein Kalbsgehirn zu besorgen, es in einer 10%igen Formalinlösung 10—12 Tage lang zu härten und alsdann alle jene Teile in natura zu studieren, deren Beschreibung im vorangegangenen Abschnitt stattgefunden hat, bzw. jetzt begonnen werden soll. Am Sagittalschnitt aus dem Gehirn des Schafes (Fig. 18) sehen wir rechts — eine kurze Strecke — die weißen Markfasern des Rückenmarks aufsteigen. Die Markmasse fasert sich in ihrem weiteren Verlaufe — an der Verdickung kenntlich — stark auf (verlängertes Mark) und bettet in ihrer

Mitte zahlreiche graue Kernmassen ein. Diese Kernformationen sind von größter Wichtigkeit, weil sie zum Teil Ursprungsstellen der Hirnnerven, die indes später erst besprochen werden sollen, sind. Dorsal (Rückenseite) sitzt auf dem verlängerten Mark das Kleinhirn auf. Man sieht, daß durch das Durchschneiden der Brückenarme allein das Kleinhirn noch nicht vom verlängerten Mark abfällt, es hält sich vielmehr noch nach oben und unten hin fest durch Markfaserstränge: die oberen und unteren Kleinhirnstiele, sodaß also jede Kleinhirnhälfte dreifach mit dem verlängerten Mark verbunden ist: seitlich durch den mittleren Kleinhirnstiel oder Brückenarm, nach oben hin durch den oberen, nach unten hin durch den unteren Kleinhirnstiel. Wir wissen von früher her bereits, daß das Kleinhirn dachstuhl-

Fig. 18. Sagittalschnitt aus der linken Hemisphäre des erwachsenen Schafes. Natürliche Größe. *Br* = Brücke, v_1 = der linke vordere Vierhügel, v_2 = der linke hintere Vierhügel, *S* = Sehhügel, *St* = Streifenhügel, *s* = Sehnerv, *B* = Balken.

artig die Rautengrube überdeckt. Die Brücke, die im Schnitt ventral (Bauchseite) als Wulst hervortritt, ist leicht wiederzuerkennen. Dicht unterhalb der Brücke, von außen als eine kleinere Wulst bemerkbar, liegt im verlängerten Mark des Menschen der Olivenkern (Nucleus olivaris inferior), ein Hohlkörper von der Form eines sehr kleinen Eies, dessen Oberfläche außerordentlich stark gefaltet ist (gut zu sehen in dem Schnitt Fig. 28 und in Fig. 29). Die starke Ausbildung der Olive beim Menschen und Affen, die ganz geringe bei auf kurzen Beinchen einhergehenden Säugern, läßt daran denken, daß die Olive irgend etwas mit dem aufrechten Gang zu tun habe (Edinger). Durch die hinteren Vierhügel geht beim Menschen die Hörbahn, durch die vorderen die Sehbahn. Die Sehhügel stehen nicht so weitgehend mit dem Sehakt in Beziehung, wie man früher wohl anzunehmen geneigt

war. Die Wissenschaft spricht sie heute mehr als wichtige Durchgangsstationen der Bahnen des Tastsinnes an. Wir hörten bereits, daß die Streifenhügel reich von Markfasern durchsetzt werden und neuen Faserbahnen den Ursprung geben. Über die spezielle Leistung dieser Bahnen

Fig. 19. Gehirn des Hundes in natürlicher Größe.
Hier und in Fig. 20—22 ist der Riechlappen durch eine weiße Klammer markiert.

weiß man heute noch sehr wenig, und die Annahmen darüber sind zu hypothetisch, als daß sie hier Erwähnung finden könnten. Oberhalb der Streifenhügel beginnt das Großhirn. Wir unterscheiden leicht das Rindengrau von der Marksubstanz. Der deutlich isolierte Lappen an der Basis des Stirnhirns ist der

Fig. 20. Gehirn der Katze in natürlicher Größe.

Fig. 21. Gehirn des Kaninchens in natürlicher Größe.

Fig. 22. Gehirn des Igels in natürlicher Größe.

Riechlappen oder Lobus olfactorius. Die Riechlappen studiert man am besten an einem Tier, wo sie stärker entwickelt sind als beim Menschen. Wie überall so zeigt sich auch hierbei, daß sich der Gehirnbau nach den Anforderungen richtet, welche die Lebensweise stellt. Deshalb finden wir alle Übergänge von dem riesigen Riechlappen des im Gemulm des Waldes

lebenden Gürteltieres an bis zu den mikroskopisch kleinen Organen vieler Walfische. Fig. 19, 20, 21 und 22 zeigen die Riechlappen bei einigen uns wohlbekannten Tieren.

Außer den Einzelheiten, welche wir an Fig. 18 studierten und in Fig. 23 leicht wiedererkennen, bietet uns dieser letztere Schnitt in dem Großhirn noch eine neue, bemerkenswerte Einzelheit. Das Großhirn besitzt sehr wenig weiße Marksubstanz: das Kennzeichen eines unreifen Gehirns. Offenbar hängt das damit zusammen, daß das Kalb ein jugendliches Tier ist, dessen Gehirn sich noch im Wachstum befindet. Ein Schnitt durch das Gehirn des erwachsenen Rindes zeigt nämlich in der

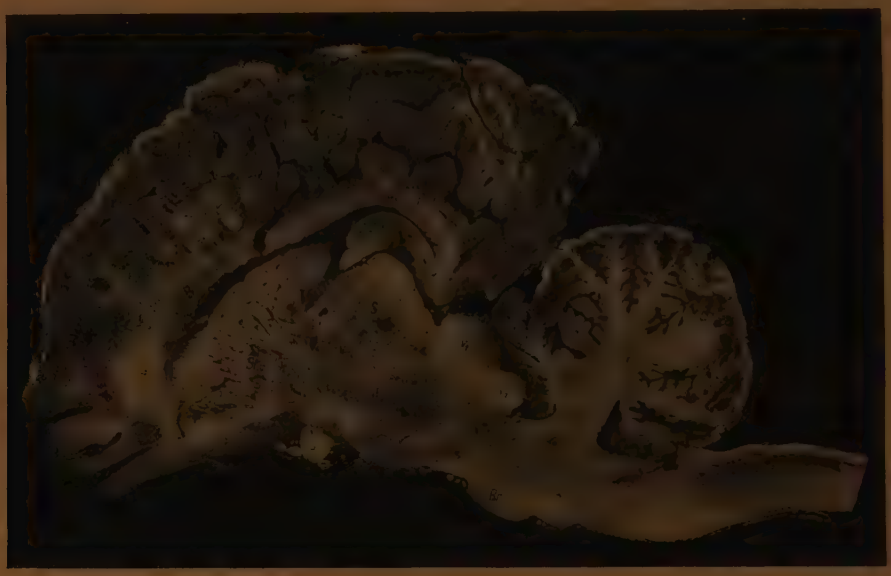


Fig. 23. Sagittalschnitt aus der linken Hemisphäre des Kalbes. Natürliche Größe. *Br* = Brücke, v_1 = der linke vordere Vierhügel, v_3 = der linke hintere Vierhügel, *S* = Sehhügel, *St* = Streifenhügel, *s* = Sehnerv, *B* = Balken.

Hirnrinde große zusammenhängende Marklager, ganz ähnlich wie wir es in dem Gehirn des erwachsenen Pferdes (Fig. 24) vorfinden. Was würden auch dem Kalb z. B. die Nervenleitungen nützen, die den Funktionen des Geschlechtstriebes dienen, solange es noch nicht fortpflanzungsfähig ist? Es scheint ein ökonomisches Prinzip zu sein, daß die Natur erst dann die Nervenleitungen bereit stellt, wenn die Funktionen auch wirklich ausgeführt werden können (Flechsig). Im Gegensatz zu dem unfertigen Gehirn des Kalbes zeigt Fig. 25 einen Schnitt aus dem Gehirn eines Meerschweinchens, welches nur 3 Stunden gelebt hat und doch schon reiche Markfaserung aufweist. Im Einklang damit steht, daß dieses Tier kurz nach der Geburt

schon eine überaus große Beweglichkeit besitzt und nahezu alle Funktionen auszuführen imstande ist, die wir beim erwachsenen Meerschweinchen beobachten. Daraus würde aber weiterhin folgen, daß auch beim Menschen,

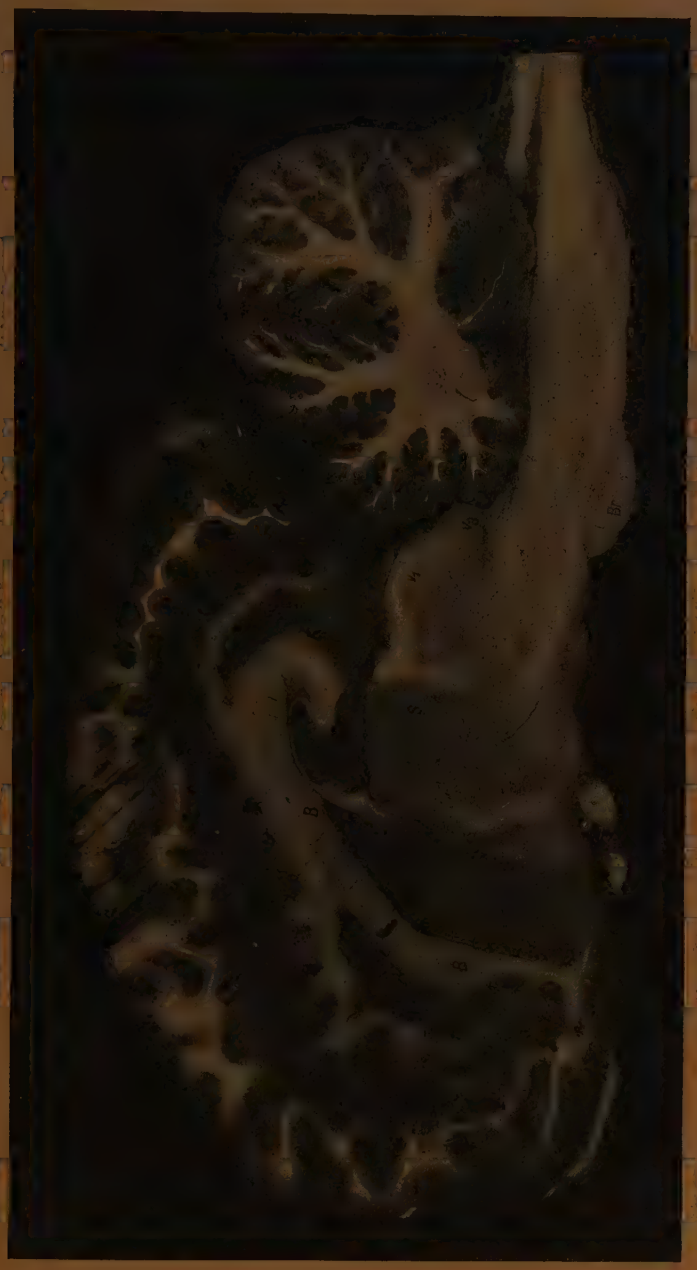
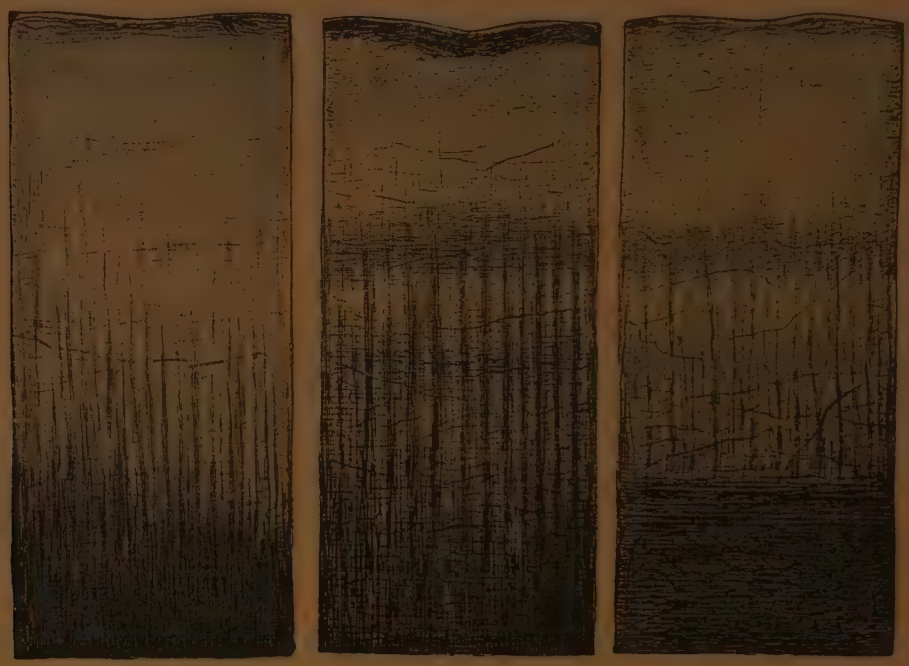


Fig. 24. Sagittalschnitt aus der linken Hemisphäre des erwachsenen Pferdes. Natürliche Größe. *By* = Brücke, *S* = Sehhügel, *St* = Streifenhügel, *s* = Sehnerv, *B* = Balken, v_1 = der linke vordere Vierhügel, v_3 = der linke hintere Vierhügel.

solange er noch zur Einübung neuer Funktionen, insbesondere geistiger Neuerwerbungen, fähig ist, also bis in das 40. Lebensjahr und darüber hinaus, sich neue Markfasern im Gehirn bilden müssen. Es würde anzunehmen sein, daß der Faserreichtum des Gehirns und die damit in

Beziehung stehende geistige Leistungsfähigkeit sich alsdann längere Zeit konstant erhält, um später bei zunehmendem Alter rasch abzunehmen. Mikroskopische Untersuchungen in dieser Richtung, die von KAES ausgeführt wurden, haben das vollauf bestätigt (Fig. 26). Damit gewinnt aber die Vermutung viel für sich, daß mit diesem Ausreifungsprozeß, dem feineren anatomischen Ausbau der Marksubstanz und der gleichzeitig erfolgenden Durchsetzung des Rindengraues mit feinstem Faserwerk, die eigentliche körperliche Grundlage für die individuelle geistige Entwickelung des Menschen gegeben ist. Da alle körperlichen Organe durch vermehrte Inanspruchnahme eine

Fig. 25. Sagittalschnitt aus der linken Hemisphäre eines 3 Stunden alten Meerschweinchens. Lineare Vergrößerung 1:3.



A *B* *C*

Fig. 26. Drei Schnitte durch die Rinde der vorderen Zentralwindung. Nach KAES.
A von einem $1^1/_4$ Jahre alten Kinde. *B* von einem 30jährigen Manne. *C* von einem Manne von 53 Jahren. Markscheidenfärbung. Im unteren Teile die Grenzzone zwischen Marksubstanz und Rindengrau, oberhalb der Mitte der BECHTEREWsche Streif (wahrscheinlich der Assoziation dienend) und nahe der Oberfläche eine Zone, die in *B* besonders stark geschwärzt erscheint (vermutlich Sitz der Gedächtnisspuren). Kontrollpräparate haben gezeigt, daß die zwischen *A*, *B* und *C* bemerklichen Differenzen wesentlich durch das Alter bedingt sind, doch kann die Möglichkeit, daß verschiedene Einübung des betreffenden Rindengebiets in etwas zur Differenz beiträgt, nicht von der Hand gewiesen werden.

Steigerung ihres Wachstums erfahren, so kann man sich wohl vorstellen, daß der Mensch durch geistige Arbeit sich neue Bahnen in dem Sinne schafft, daß der Übung des Gehirns als anatomische Grundlage die Neubildung oder Verstärkung vorhandener Bahnen entspricht (EDINGER).

In den Sagittalschnitten Fig. 18, 23 und 24 sehen wir dicht unter dem Sehhügel ein weißes Scheibchen (*s*): das ist der Sehnerv. Wie es kommt, daß der Sehnerv hier scheibenförmig, also quer angeschnitten, erscheint, ist leicht zu ersehen an dem Horizontalschnitt durch den Kopf der Krähe, den Fig. 27 wiedergibt. Im oberen Drittel der Figur sind die beiden Augäpfel mit der sich weiß abhebenden Linse zu sehen, im mittleren Teil die Sehnervenkreuzung, im unteren Teil das Mittel- und Zwischenhirn, in welches die Sehnerven (*s*) gekreuzt einstrahlen. Links und rechts vom Mittel- und Zwischenhirn erblicken wir Reste der Großhirnrinde, die sich über Mittel- und Zwischenhirn wölbt. Da die Sehnerven vom Auge aus nach der Körpermitte (Medianebene) zu verlaufen, müssen sie auf jedem Sagittalschnitt immer als runde Scheibe erscheinen. Die Kreuzung von Nervenbahnen, die auch noch anderorts im Gehirn zu beobachten ist, liegt dem Gehirnbau als ein durchgehendes Prinzig zugrunde, sodaß man sagen kann, daß die rechte Körperhälfte im wesentlichen durch die linke Hirnhemisphäre, die linke Körperhälfte durch die rechte Hemisphäre bedient wird. Aber diese Bahnkreuzungen sind nie total, d. h. derart, daß alle Fasern des

Fig. 27. Die Sehnervenkreuzung (Chiasma opticorum) in einem Horizontalschnitt durch den Kopf der erwachsenen Krähe. Natürliche Größe.

Fig. 28. Pyramidenkreuzung vertikal durchschnitten. Lineare Vergrößerung 1 : 2,7.
Der obere Teil des Präparates zeigt ein Stück der Brücke, der mittlere Teil zu beiden Seiten der Pyramidenstränge die Oliven, der untere Teil die partielle Pyramidenkreuzung.

Nerven an der Kreuzung teilnehmen. Vielmehr kann man beobachten, daß ein dünner Strang von jedem Nerven die Kreuzung nicht mit eingeht, sondern direkt nach der Hemisphäre der gleichliegenden Körperhälfte zu verläuft. Durch diese partielle Bahnkreuzung wird es möglich, daß in Fällen krankhafter Lähmung der einen Hirnhälfte die andere für sie in gewissem Umfange eintreten kann. Diese Verhältnisse zeigt schön das in Fig. 28 abgebildete Präparat. Im oberen Teil der Figur erblicken wir die Brücke, im mittleren Teil zu beiden Seiten der Pyramidenstränge die Oliven und im unteren Teile die partielle Pyramidenkreuzung. Abgesehen von den Bahnkreuzungen, führen aber auch direkt Faserzüge aus der einen Hemisphäre hinüber in

Fig. 29. Medianseite der rechten Hirnhemisphäre.
B = Balken, f = Fornix, S = rechter Sehhügel, z = Zirbeldrüse, v_3 = der rechte hintere Vierhügel, r = Rautengrube, Br = Brücke, rf = Riechnerven aus der Nasenschleimhaut, rk = Riechkölbchen, rst = Riechstreifen an der Basis des Gehirns.

die andere. Man nennt sie Kommissuren und unterscheidet eine vordere, mittlere und hintere Kommissur. Die vordere Kommissur (Commissura anterior) zieht unterhalb der Streifenhügel aus einer Hemisphäre in die andere, die mittlere Kommissur (Massa intermedia) zieht unterhalb des Linsenkernes und durchsetzt zwischen den beiden Sehhügeln den dritten Ventrikel, während die hintere Kommissur (Commissura posterior) dicht unter der Zirbeldrüse hinstreicht. Das mächtigste Querfasersystem aber, welches beide Hemisphären in Verbindung setzt, ist der auf allen Sagittalschnitten deutlich sichtbare Balken oder das Corpus callosum (*B* in Fig. 18, 23, 24). Er bildet das Dach des dritten Ventikels und ist in seiner Form vergleichbar mit

einem aus einem einzigen Stück Blech gebogenen Schuhanzieher, d. h. sein Querschnitt erscheint auf dem Frontalschnitt (vgl. Fig. 74) muldenförmig vertieft. Gleichsam um den Balken zu stützen, wölbt sich (Fig. 29) nahe der Medianebene eine Markleiste halbkreisförmig von unten nach oben empor, Gewölbe (Fornix) genannt, die den Balken im hinteren Drittel etwa erreicht und dann den Seitenventrikel auf seinem Wege nach dem Temporalpol hin begleitet, von der Innenwand desselben sich reliefartig abhebend, wie eine Rippe im gotischen Gewölbe. Zwischen dem vorderen Balkenknie und dem vorderen Teil des Gewölbes ist ein durchsichtiges Häutchen ausgespannt, das Septum pellucidum.

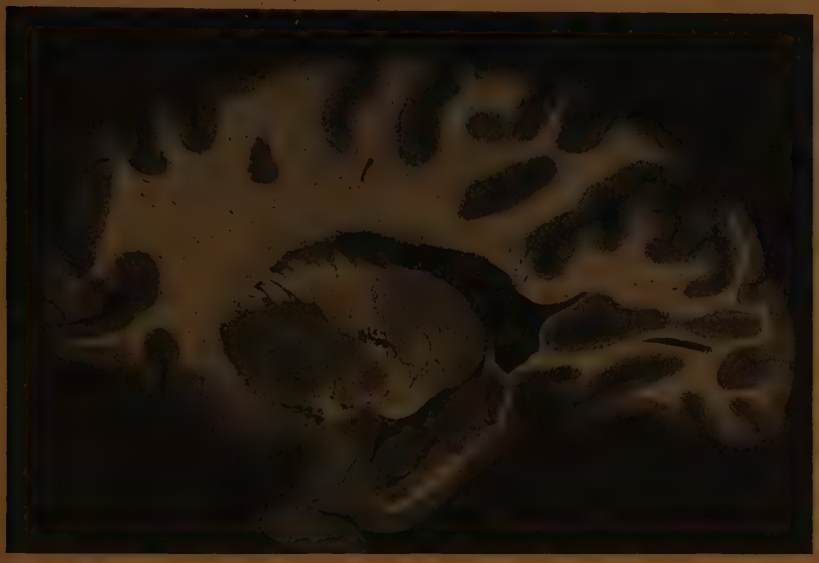


Fig. 30. Sagittalschnitt aus dem Gehirn des erwachsenen Orang Utans. Das Kleinhirn wurde für eine spezielle Untersuchung losgetrennt — es müßte sonst rechts unten mit angeschnitten erscheinen. Typisches Primatengehirn. Natürliche Größe. Das Präparat zeigt die Seepferdchenwindung (Hippocampus), die weiße Marklinie (Vicq d'Azyr scher Streifen) im Sehzentrum und als tiefste Einbuchtung der Rinde die Affenspalte.

Fig. 31. Seepferdchen (Hippocampus). Nach einem Trockenpräparat gezeichnet von Anna Pfeifer.

Die Stelle im Temporallappen, wohin der Fornix ausläuft, verdient noch eine besondere Beachtung. Im Unterhorn des Seitenventrikels (*Uh* in Fig. 17) sind die Ventrikelwände ganz ungleich stark; außen im Schläfenteil sehr dick, innen — da wo am Ventrikelausguß der Buchstabe *h* steht — sehr dünn, so dünn, daß sich die Wandung vielfach in Falten gelegt hat und von außen den Eindruck erweckt, als ob sich an dieser Stelle die Hirnrinde in den Ventrikel hinein spiralig aufgerollt habe. Daher auch der Name für diesen Rindenteil: Ammonswindung. Auf Sagittal-, Horizontal- und Frontalschnitten erscheint deshalb zumeist eine Rindenstelle, die sich ausnimmt wie eine im Wind flatternde Fahne — das ist die Ammonswin-

dung. Gebräuchlicher ist aber für diese Rindenformation bzw. deren nächste Nachbarschaft ein anderer Name geworden: Seepferdchenwindung oder Gyrus hippocampi. Dieser Name ist für die Gestalt beinahe noch bezeichnender. In Fig. 30 ist der Hippokampische Lappen schön zu sehen, und das daneben (Fig. 31) nach einem Trockenpräparat gezeichnete wirkliche Seepferdchen läßt das Treffende im Ausdruck sofort erkennen. Im Anfang bereitet es meist etwas Schwierigkeit, sich die Lage dieser Windung zu vergegenwärtigen. Sie sei deshalb noch einmal auf einem Horizontalschnitt durch das Gehirn mit freigelegtem Seitenventrikel erklärt (Fig. 32). Der Hippocampus ist im Gehirn das Rindenzentrum für Geruch und Geschmack (Fig. 35). Aus der Fig. 29 kann die Riechbahn z. B. nahezu vollständig abgelesen werden. Die Nervenfasern aus der Schleimhaut der Nase (*rf*) treten von unten her an das Riechkölbchen (*rk*) heran, ziehen im Riechstreifen (*rst*) nach hinten, durchsetzen das Septum pellucidum und gelangen in einer dem Fornix parallel laufenden Bahn nach dem Gyrus hippocampi. Der Fornix selbst hat auch seine Bedeutung für den Geruchsapparat und zwar ist er ein rückläufiges (zentrifugales) motorisches System. Er entspringt im Gyrus hippocampi und zieht halbzirkelförmig nach vorn, um an der Basis des Gehirns nahe der Sehnervenkreuzung jederseits in einem kleinen kugelförmigen Gebilde

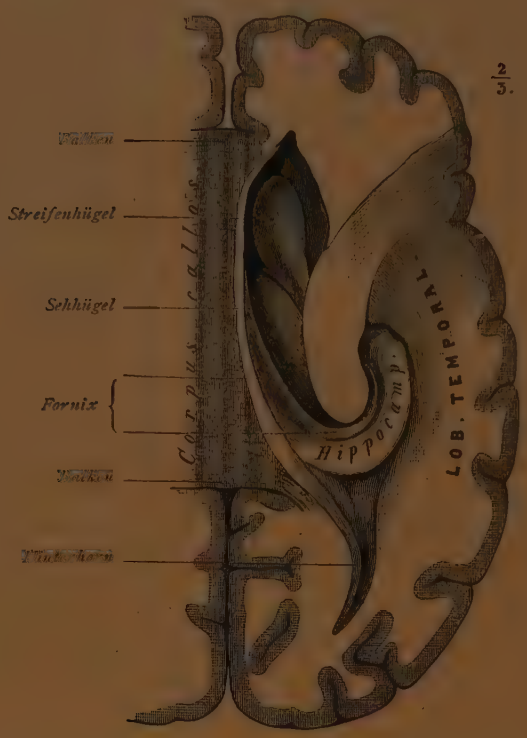


Fig. 32. Rechter Seitenventrikel von oben her geöffnet. Nach GEGENBAUR. (2/3 der natürlichen Größe.) Lobus temporalis = Schläfenlappen, Hippocampus = Seepferdchenwindung, Corpus callosum = Balken.

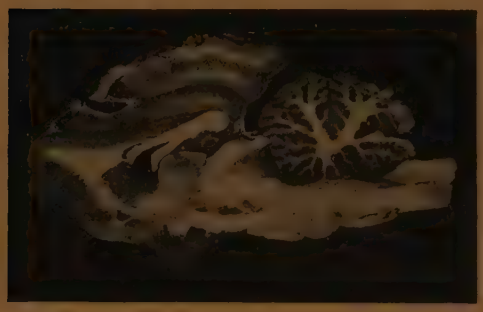


Fig. 33. Sagittalschnitt aus dem Gehirn der erwachsenen Katze. Natürliche Größe. Typisches Raubtiergehirn.

(= Corpus mamillare, in Fig. 13 dicht unter dem Buchstaben *K* bzw. zwischen den Hirnschenkeln *h*—*h* sichtbar) zu enden. Dort nehmen neue motorische Bahnen ihren Ursprung, die hinab ins verlängerte Mark ziehen und auf die Direktion der Muskelbewegungen Einfluß haben. Wir denken uns diese Bahn als Leitung in Anspruch genommen, wenn z. B. ein Reh bei der Witterung eines Feindes stutzend seine Bewegungen hemmt und alsbald in hohen Fluchten davonjagt. Riechkölbchen und Riechstreifen sind am besten zu sehen, wenn man das Gehirn einmal von der Basis aus betrachtet (Fig. 71).

Am Sagittalschnitt aus dem Gehirn des Affen (Fig. 30) sei noch auf die Affenspalte im Scheitelhirn aufmerksam gemacht und auf eine zarte weiße Marklinie im Hinterhaupthirn, die wir später als Vicq d'Azyrsche Linie auch im Sehzentrum des Menschen wiederfinden werden. Zusammengehalten mit Fig. 33 gibt Fig. 30 noch zu einem recht interessanten Vergleiche Anlaß. Die Rinde im Sagittalschnitt aus dem Katzengehirn ist auffallend horizontal gegliedert, beim Affen dagegen vorwiegend vertikal. Das rührt daher, daß die Hirnrinde der Katze und ihrer Verwandten im wesentlichen aus vier hufeisenförmig um die Sylvische Spalte gelagerten Windungen besteht (Vierwindungstypus). Der Gehirnbau des Affen ist davon grundverschieden, so verschieden, daß eine Homologisierung der einzelnen Teile, d. h. ein Vergleich der ihrer Funktion nach sich entsprechenden Partien beider Gehirntypen überaus schwierig ist. Vom Standpunkt der Entwickelungsgeschichte aus betrachtet, ist deshalb der Abstand zwischen Katze und Affe in bezug auf den Fortschritt im Gehirnbau beträchtlich größer als etwa vom Affen zum Menschen. Können nun auch die anthropoiden Affen nicht als Vorfahren der Menschheit gelten*), so steht doch fest, daß sie, soweit es den Gehirnbau anbetrifft, unter allen Tieren unsere nächsten Verwandten sind.

*) Wir verdanken diesen Nachweis Forschern wie Selenka, Schoetensack und Klaatsch.

III. Der Bauplan des menschlichen Gehirns mit Rücksicht auf die psychischen Leistungen.

Im gesamten Nervensystem des Menschen besteht eine weitgehende Arbeitsteilung. Das werden wir um so weniger verwunderlich finden, als wir wissen, daß nicht nur das einzelne Individuum einer geistigen Entwickelung fähig ist, sondern auch die ganze Menschheit aus kleinen Anfängen heraus zu immer größerer geistiger Leistungsfähigkeit emporgewachsen ist. Jede Entwickelung eines Organismus besteht aber in der Differenzierung seiner Funktionen und der organisatorischen Zusammenfassung derselben zu einer einheitlichen Gesamtleistung. Für das Verständnis der Gesamtleistung des Nervensystems ist deshalb die Kenntnis der differenzierten Einzelleistungen seiner Teile von größter Wichtigkeit. Wir können dieses Ziel aber um so eher erreichen, als es bis zu einem gewissen Grade möglich ist, einzelne größere Abschnitte des Nervensystems als »Eigenapparat« d. h. isoliert für sich und unabhängig von anderen, zu studieren.

1. Der enthauptete Frosch.

Trennt man einem lebenden Frosch die Schädelkapsel auf und zerstört ihm mit dem Seziermesser den ganzen oberen Teil des Nervensystems bis hinab zum verlängerten Mark, so streckt er natürlich sofort alle Vier von sich, die Atmung hört auf und der Herzschlag steht still. Der Frosch ist scheinbar tot. In Wirklichkeit ist er es nicht. Hängt man nämlich den Frosch an einem Stativ auf und betupft ihm mittels eines Glasstäbchens, das man vorher in Schwefelsäure getaucht hat, irgend eine Stelle des Rückens, so greift der Frosch mit der Hinterpfote der entsprechenden Seite sofort nach vorn und versucht, den Säuretropfen wegzuwischen. Hält man dieses Bein fest, so setzen gleichzeitig mit dem anderen Bein zweckmäßige Bewegungen ein, die darauf abzielen, den ätzenden Tropfen zu entfernen. Zerstört man dem Frosch mit einem Stück dünnen Drahtes nunmehr auch das Rückenmark, so ist er jetzt erst in Wirklichkeit tot, was wir daraus sehen, daß er auf keinerlei Reiz mehr reagiert. Die

beobachteten Bewegungen waren also eine Leistung des noch lebenden Rückenmarkes. Könnte, so fragt man sich, ein Frosch mit vollständig intaktem Gehirn in vorliegendem Fall wohl zweckmäßiger handeln? Kaum! Mit Staunen sehen wir, wie das isolierte Rückenmark hier Leistungen vollbringt, die deutlich den Charakter hoher Zweckmäßigkeit an sich tragen und die man leicht zu den wirklich höheren seelischen Tätigkeiten zu rechnen geneigt sein dürfte. Und doch wurden sie von dem Rückenmark allein ausgeführt. Wir können uns, so sagt WUNDT, die hohe Zweckmäßigkeit solcher Reflexbewegungen nur so erklären, daß wir sie auffassen als Wirkung gleichsam phylogenetisch versteinerter Gedächtnisspuren, als Bewegungskombinationen, die durch viele Generationen hindurch mit Bewußtsein eingeübt, nunmehr auf einen einfachen physikalischen Reiz hin automatisch ablaufen. So führt der in der Markthalle frisch geschlachtete Karpfen noch primitive Fluchtbewegungen aus, wenn man beim Zerschneiden in Stücke an das Rückenmark gerät; so springt der geköpfte Frosch noch fort, wenn periphere Reize das Nervensystem treffen, die auch das normale Tier in Bewegung gesetzt haben würden, ebenso wie das geköpfte Kaninchen davongaloppiert und die geköpfte Taube noch wegflattert. Weiß man nun weiterhin, daß ein frisch aus dem Tier herausgenommenes Stück Darm sich noch lange Zeit bewegt und ein losgetrenntes winziges Stück Hinterleib der Biene von dem Stachel noch einen regelrechten Gebrauch macht, so wird es einem vollständig klar: In der Stammesentwickelung müssen sich hier einzelne Nervenpartien organisatorisch so fest zusammen verbunden haben, daß sie unabhängig voneinander gar nicht mehr arbeiten können. Die Funktion zahlreicher Nervenzentren erscheint durch Vererbung ein für allemal festgelegt und muß wirksam werden, sobald ein Nervenreiz zu ihnen gelangt, der jenen annähernd konform ist, unter deren Einfluß die Einübung einst erfolgte. So umklammert ein aus den Vorderbeinen und dem zugehörigen Rückenmarkstückchen bestehender Ring, an dem also der ganze übrige Frosch abgeschnitten ist, wie EDINGER mitteilt, zur Brunstzeit das Weibchen sofort fest, wenn er nur in Berührung mit der Haut desselben gebracht wird. »Ein von außen kommender adäquater Reiz«, so fügt der Forscher erklärend hinzu, »setzt den ganzen Mechanismus ähnlich in Tätigkeit, wie ein Stoß an das Pendel ein Uhrwerk in den vorausbestimmten Gang bringt.«

Aber, so fragen wir mit Recht, wie ist dann der beim Menschen zu beobachtende Neuerwerb von Bewegungskombinationen möglich? Da kaum anzunehmen ist, daß für neue Bewegungen bisher brachliegende Nerven-

partien bereitgestellt werden, müssen die bereits bestehenden nervösen Zusammenordnungen modifizierbar sein. Solche Wandlungen dürften aber nur begreiflich erscheinen, wenn wechselnden sinnlichen Empfindungen ein bestimmender Einfluß dabei zuzuschreiben wäre. Wir sehen auch nach dieser Richtung hin klarer, wenn wir den Sinn der Begriffe »sensorisch« und »motorisch« oder wie man neuerdings auch sagt, »rezeptorisch« und »effektorisch« etwas schärfer ins Auge fassen. Daß bei einem Nadelstich in den Finger die Hand reflektorisch zurückgezogen wird, scheint begreiflich. Der sensorische Nerv trug den Reiz als Schmerzempfindung zum Rückenmark (Hintere Wurzel), durch eine der zahlreichen Querleitungen innerhalb des Rückenmarkes konnte der Reiz auf ein motorisches Zentrum (Vordere Wurzel) überspringen und nun vermittels der motorischen Nervenbahn eine Muskelbewegung auslösen. Da sich nun aber jede einzelne Bewegung aus recht zahlreichen Muskelkontraktionen zusammensetzt und ein sensorieller Reiz oft eine ganze Reihe automatisch ablaufender Bewegungen zur Folge hat, so ist es wahrscheinlich, daß in der durch den Primärreiz bewirkten Lageveränderung der Muskulatur selbst ein neuer Anreiz enthalten ist zu einem zweiten Bewegungsakt, der sich an den ersten alsbald anschließt, und die Empfindung dieser neuen Lage wiederum einen weiteren rezeptorischen Reiz bildet, der, über das Rückenmark geleitet, den Anlaß zu einer dritten Bewegung abgibt, und so fort, bis endlich eine Rezeption erfolgt, die auf den motorischen Apparat als Hemmung wirkt und das ganze Getriebe zum Stillstand bringt. Man ersieht daraus, eine wie große Bedeutung den rezeptorischen Impulsen beim Ablauf von Bewegungen zukommt. Die sensoriellen Empfindungen wirken nicht nur einleitend und die Bewegung veranlassend, sondern, durch den motorischen Effekt selbst der Veränderung unterliegend, auch regulierend und im geeigneten Moment hemmend, d. h. die Bewegung zum Stillstand bringend. Ein schönes Beispiel für den regulierenden und hemmenden Einfluß der Rezeption von inneren Muskelempfindungen auf den Verlauf von Bewegungen sind die »steifen« Finger bei großer Kälte. Die dabei zutage tretende Ungelenkigkeit ist im eigentlichen Sinne keine Motilitätsstörung, sondern eine Sensibilitätsstörung. Die ganze Unterarmmuskulatur ist an sich gebrauchsfähig. Sie reagiert nur deshalb nicht auf die Willensimpulse, weil jene rezeptorischen Empfindungen, die sonst auf einen motorischen Antrieb hin die Fortsetzung der Bewegung regulieren, infolge der durch Kälte herabgesetzten Empfindlichkeit der Haut höchst mangelhaft sind oder gänzlich fehlen.

2. Die lebende Mißgeburt ohne Großhirn und Zwischenhirn.

Das verlängerte Mark oder die Oblongata fügt dem Rückenmark, welches wir als einen recht komplizierten Apparat für die Verarbeitung ankommender Reize zu motorischen Äußerungen kennen gelernt haben, erheblich neue und höhere Fähigkeiten hinzu. Die Natur selbst hat hier in für uns belehrender Weise experimentiert. Der praktische Arzt W. Sternberg in Berlin hatte Gelegenheit, eine weibliche Mißgeburt zu beobachten, die, bei vollständig fehlendem Großhirn und Zwischenhirn nur mit Rückenmark, verlängertem Mark, Vierhügeln*) und verkümmertem Kleinhirn ausgestattet, geboren worden war und zehn Tage lebte. Die Mißgeburt, so berichtet dieser Arzt**), führte beim Einführen des Fingers in den Mund keinerlei Saugbewegungen aus, wie dies normale Kinder ausnahmslos zu tun pflegen, sodaß trotz der Bemühung der Eltern keine Nahrung eingeflößt werden konnte. Nachdem aber Zuckerlösung auf die Zunge gepinselt worden war, schlug das Kind die Augen auf, spitzte den Mund, schluckte zum erstenmal und mit sichtlichem Behagen, führte Saugbewegungen aus und biß sogar auf den Pinsel so fest, daß er nur mit einiger Mühe aus dem Mund entfernt werden konnte. Als einige Tropfen bittere Chininlösung auf die Zunge geträufelt wurden, verzog sich sofort das Gesicht. Das Kind wendete den Kopf ab, hob denselben wiederholt etwas hoch, öffnete den Mund weit, speichelte stark und brachte mit dem Speichel einen Teil der Flüssigkeit mit Würgbewegungen zurück. Dabei fing das Kind an zu wimmern und öffnete bei Wiederholung dieses Versuchs den Mund nicht sogleich. Wurde hierauf mit der Zuckerlösung die Zunge eingepinselt, so wehrte sich das Kind zunächst dagegen, sodann schluckte es wieder, biß wiederum mit Behagen zu und beruhigte sich alsbald. — Der Beschreibung eines ähnlichen — vermutlich aber desselben — Falles fügt Edinger hinzu: das Wesen schrie kräftig, beim Einführen des Fingers in den Mund saugte es, ja ließ

*) Von dem gesamten Beobachtungsmaterial an der Mißgeburt entfällt auf die Vierhügelfunktion lediglich, wie aus anderweitigen Forschungen hervorgeht, Lidaufschlag des Auges.

**) Zeitschr. f. Psych. u. Physiol. d. S. 27. Band, S. 77. Leipzig 1901.

dadurch sein Schreien stillen. Machte man dem Wesen »unangenehme Eindrücke«, bewegte man seine Extremitäten, berührte man es mit der Nadel oder mit Eis, so verzog es die Miene, ja es kam gelegentlich zu röhrenartigem Vorstrecken der Lippen (Schnauzenbildung), wie es auch andere Säuglinge unter gleichen Umständen zu tun pflegen. Das Kind umschloß einen hingehaltenen Finger fest und seufzte hörbar, wenn die Hand mit Eis berührt wurde.

Wir erkennen aus alledem den Zuwachs, den die Leistung des Rückenmarks durch die Oblongata erfährt. Die Bewegungen des Ein- und Ausatmens, sowie einige mit ihnen zusammenhängende Vorgänge, wie das Seufzen (Husten, Niesen) und das Erbrechen, ferner die Muskelwirkung beim Schlucken, die mimischen Bewegungen, die Herztätigkeit — alles das wird vom verlängerten Mark aus innerviert. Damit kommen wir aber auch psychologisch einen Schritt vorwärts. Wir können jetzt nach Wundt klar unterscheiden: »Reflektorische Nervenerregungen« (Zurückziehen der Hand beim Nadelstich), die ihren Ursprung äußeren Reizen verdanken und rein »automatische Erregungen« (Herz- und Atembewegung), die ihren Grund in innerhalb des Nervensystems selbst entstehenden Reizen haben und vermutlich in ursächlichem Zusammenhang stehen mit der wechselnden chemischen Beschaffenheit des Blutes. Ein gegen chemische Veränderungen überaus empfindlicher nervöser Apparat aber ist eben das verlängerte Mark. Dadurch erscheint es besonders geeignet, uns Mangel an fester Nahrung, an Wasser, an Sauerstoff durch Hunger-, Durst- und Angstgefühle zum Bewußtsein zu bringen. Ist doch z. B. die regelmäßige Wiederkehr des Hungers ein so feiner Automat, daß Wundt darin die ersten Anfänge des Zeitbewußtseins vermutet. Das verlängerte Mark enthält aber außerdem auch den ganzen nervösen Sprech- und Schreiapparat; die Oblongata ist also ein Teil jener Mechanik, die den ersten Schrei des Kindes ermöglicht. Die Sprache freilich erfordert noch eine intakte Faserverbindung mit der Großhirnrinde. Die Zerstörung dieser Bahn hebt nicht die Bewegungsmöglichkeit der Sprechmuskeln auf, macht also nicht stumm, gleichwohl wird dadurch die Fähigkeit der Rede in Wirklichkeit doch aufgehoben, weil jener aus der Großhirnrinde zufließende Antrieb des willkürlichen Sprechens nunmehr fortfällt.

3. Der Hund ohne Großhirn.

Es erscheint uns fast als ein ungezügeltes Verlangen, von der Natur zu fordern, uns auch weiterhin in so systematischer Weise zu belehren. Aber wir wollen nichts unversucht lassen und durchblättern alle Fachzeitschriften und Archive, um vielleicht doch noch einen Ärztebericht zu finden, in dem eine lebende Mißgeburt mit gut ausgebildetem Hirnstamme und fehlender Großhirnrinde beschrieben wird. Wir lassen viele Bände durch unsere Hände gleiten und legen einen nach dem anderen enttäuscht zurück — nirgends wurde etwas Ähnliches bekannt. Und doch! Was die Natur nicht freiwillig enthüllte, das klarzustellen, gelang der planmäßigen und zielbewußten Arbeit eines Gelehrten. Goltz, der große Straßburger Anatom, hat die Wissenschaft um dieses »köstliche Geschenk«, wie Flechsig sich gelegentlich einmal ausdrückte, bereichert. Nach langem fruchtlosen Bemühen — die Erfolglosigkeit des Experimentes hatte ihren Grund in unstillbaren Blutungen — gelang es ihm endlich, einem Hund auf dem Wege der Operation beide Großhirnhemisphären zu entfernen. Das Tier gesundete, soweit dies unter den gegebenen Umständen möglich war, und lebte noch 18 Monate. Aus der Beobachtung dieses Hundes geht aber nun mit Sicherheit hervor, daß ein großhirnloses Säugetier nicht jede seelische Regung vermissen läßt. Obwohl tief blödsinnig geworden und alles dessen beraubt, was auf Gedächtnis und Überlegung hinweist, obwohl unfähig geworden, mit Hilfe der Sinne die zur Befriedigung seiner körperlichen Bedürfnisse notwendigen äußeren Objekte selbst aufzufinden, entbehrt das Tier doch nicht jeder Initiative. Es vermag regelrecht zu laufen und sich aufrecht zu erhalten, geht Hindernissen geschickt aus dem Wege und richtet sich von selbst wieder auf, wenn es auf glattem Fußboden hinfällt. Ja, einige seiner Handlungen ähneln sogar einer primitiven Intelligenzäußerung. So wurde z. B. aus zwei langen Brettern eine Art Engpaß hergestellt, der an der Mauer des Zimmers blind endigte. In den Engpaß, in welchem sich der Hund nicht umdrehen konnte, wurde er hineingelassen. Er schritt ihn bis zum Ende ab und richtete sich vergeblich an der Wand empor, auf die er stieß. Diese ohnmächtigen Versuche wurden minutenlang fortgesetzt. Endlich aber fing er an rückwärts zu gehen, sodaß er nach vollen 20 Minuten ohne Unterstützung durch Krebsgang aus dem Engpaß herauskam. Es dürfte nun zwar gewagt sein, dieses endliche Herauskommen als überlegte Handlung zu deuten, aber immerhin bringt selbst Wundt, unter Hinweis auf dasselbe Experiment

diese Handlungsweise in Zusammenhang mit Bewußtseinsvorgängen. Daraus würde aber hervorgehen, daß in den oberen Teilen des Hirnstammes (Vierhügel, Sehhügel, Streifenhügel) bereits anatomische Substrate für ein primitives Bewußtsein gegeben sind. Es befremdet uns das um so weniger, als ja die Sinnestätigkeit nicht unterbrochen, sondern nur stark beeinträchtigt erscheint. Der großhirnlose Hund ist weder blind noch taubstumm und entbehrt des Geschmacksinnes ebensowenig wie des Tatsinnes.

Aber noch weit bedeutsamer erscheint die Funktion der Hirnstammganglien (Hügelformation) dadurch, daß wir in ihnen unzweifelhaft die Angriffsflächen der körperlichen Triebe erkennen, die in dem verstümmelten Tier noch mit Macht und überraschender Selbständigkeit wirksam waren. Durch äußere Reize: drücken, grelles Licht, erschütternde Geräusche, wird das Tier in Bewegung versetzt unter Äußerungen, aus welchen wir auf Unlust und Unbehagen zu schließen gewohnt sind. Es gerät in Wut, beißt und heult, wenn es vom sicheren Erdboden in die Höhe gehoben wird, und Entbehrung der Nahrung, also ein Zustand, den wir als Hunger fühlen, setzt den ganzen Körper in lebhaftere Bewegung. Nach genügender Nahrungsaufnahme tritt sofort Ruhe ein, und eine Art Befriedigung malt sich im Gebahren des großhirnlosen Hundes. Die körperlichen Bedürfnisse wirken also auch bei völligem Großhirnmangel noch treibend (Trieb!) und setzen überdies alle die Einzelapparate in Bewegung, welche der unmittelbaren Befriedigung der körperlichen Triebe dienen (Flechsig). Sind diese aber gestillt, so erlischt die Unruhe, und ein ruhiger anscheinend traumloser Schlaf umfängt den Körper, bis intensivere äußere Reize oder von innen her Nahrungsmangel u. dgl. das Bewußtsein von neuem anfachen. Ihre volle Würdigung aber finden diese Beobachtungen erst dann, wenn man einmal überschaut, wie weit diese Verhältnisse ohne weiteres auf den Menschen übertragbar sind. In der Tat ist die Parallele zwischen dem Verhalten des großhirnlosen Hundes und den Lebensäußerungen eines neugeborenen Kindes wiederholt in geistreicher Weise gezogen worden (Goltz, Flechsig). Namentlich bei zu früher Geburt kommt das Kind mit einem vollständig unreifen Gehirn zur Welt, in welchem die Großhirnrinde fast noch gar keine Markfasern enthält. Der Mensch gleicht dann sehr einem großhirnlosen Wesen. Gleichwohl sind die Triebe schon vom ersten Atemzuge in ihm mächtig. Schreiend verlangt der Körper nach Befriedigung seiner Bedürfnisse, nichts anderes kennend, als diese einzige, für das Leben allerdings auch wichtigste Aufgabe. Sind die Triebe befriedigt und wird der Körper nicht von Unlust weckenden, äußeren Reizen getroffen,

so schwinden auch die Zeichen von Bewußtsein regelmäßig: das Kind schläft.

Die absolute Herrschaft der niederen Triebe zieht sich bis weit in das Leben hinein. Lange stehen die Sinnesorgane fast ausschließlich im Dienste derselben, nur Gelegenheit für ihre Befriedigung erspähend . . . und einzelne durch Krankheit verkümmerte Individuen (Idioten) bringen es überhaupt nicht viel weiter. Jede höhere Organisation der Triebe und die Beherrschung der Affekte erfordert unbedingt ein gesundes und kraftvoll tätiges Großhirn, dessen Funktionen nunmehr analysiert werden sollen.

4. Die psychischen Zentren der Großhirnrinde.

Noch vor 50 Jahren wußten wir über Bau und Funktion der Großhirnrinde herzlich wenig. Die ganze ältere Hirnforschung, irregeleitet von einer falschen Vorstellung vom Wesen der Seele, hatte sich darin erschöpft, den »Sitz der Seele« ausfindig zu machen, und selbst die besten Köpfe, wie der päpstliche Leibarzt Varoli († 1575) und Gall († 1828), vermochten zu unserer jetzigen Kenntnis von der Funktion des Gehirns nicht mehr beizutragen als den allgemeinen Gedanken, daß die Großhirnrinde das wichtigste Substrat der Seelentätigkeit sei. Heute blicken wir nicht ohne Stolz auf die Forschungsergebnisse der letzten Jahrzehnte zurück. Wir wissen viel, sehr viel — wenn wir uns nur immer gegenwärtig halten, daß wir es bei dem Gehirn mit einem organischen Gebilde zu tun haben, so kompliziert, daß von gleicher Zusammengesetztheit wohl kaum noch ein anderes Naturgebilde auf unserem Planeten existieren mag. Durch den Aufschwung der Naturwissenschaft am Ende des Jahrhunderts ist auch die Literatur auf allen Gebieten der Gehirnforschung hochflutartig gewachsen. Edinger zitiert ein Verzeichnis von Nansen aus dem Jahre 1887, welches bereits 341 Arbeiten über Nervenfasern und Ganglienzellen aufweist. Allein in den Jahren 1895—1908 sind ca. 1500 Arbeiten bloß über die Struktur der Gehirnzellen veröffentlicht worden, und ein Literaturverzeichnis aus dem Jahre 1908 zählt gar 421 Werke auf, die nur von einer speziellen Zellenart, den »Spinalganglienzellen«, handeln. Aber jemehr man sich in die Fachliteratur hineinvertieft, desto mehr kommt es einem zum Bewußtsein: »Ihr habt die Teile in eurer Hand — fehlt, leider! nur das geistige Band!« Es erschien darum als ein hohes Verdienst um die Wissenschaft, als der Leipziger Gehirnanatom Flechsig es unternahm, alles bis jetzt bekannte wissenschaftliche Tatsachenmaterial über die Arbeitsleistung der Großhirnrinde und die Arbeits-

teilung innerhalb des Nervensystems zu einer einheitlichen Theorie zusammenzuschweißen. Freilich ist diese Theorie — das konnte anders nicht erwartet werden — von hypothetischen Bestandteilen noch durchsetzt. Aber wir wollen uns ihrer bedienen als eines roten Fadens, der uns durch das Gewirr der Tatsachen sicher hindurchleiten soll. Es ist dies um so weniger bedenklich, als der Streit um die »Lokalisationstheorien« zum großen Teil ausgetobt hat und wir heute in der Lage sind, genau jene Gedanken, die Allgemeingut der Wissenschaft geworden sind, zu unterscheiden von denen, die noch als zweifelhaft und umstritten gelten müssen.

Flechsig nimmt seinen Ausgang von der Tatsache, daß der anatomischen Zweiteilung des Gehirns in den kortikalen (Kortex = Rinde) und den subkortikalen (unter der Rinde gelegenen) Teil auch psychologisch eine Zweiteilung entspricht: die subkortikalen Zentren bilden die Angriffspunkte der Triebe und den Sitz aller vitalen Funktionen, während in der Rinde die höheren geistigen Leistungen lokalisiert sind. In der Tierreihe fehlt bei den Fischen die Rinde noch gänzlich, bei den Amphibien ist sie in den Anfängen vorhanden, zeigt sich bei den niederen Säugern noch wenig gegliedert und ist bei den höheren Säugetieren hoch entwickelt. Da der Mensch unter allen Lebewesen die am reichsten ausgestattete Hirnrinde besitzt, ist es begreiflich, daß er auch hinsichtlich seiner geistigen Leistungen hoch über dem Tiere steht. Wie in der Stammesgeschichte die Entwickelung der Rinde zu denken sei, darüber wissen wir noch nichts. Flechsig läßt indes durchblicken, daß er ein Einhergehen der Rindenentwickelung neben der Ausbildung fünfzehiger Gliedmaßen für wahrscheinlich hält, während Edinger der Vermutung Raum gibt, daß die Anfänge der Rindenbildung im Riechlappen zu suchen sei, der durch seine spätere Schrumpfung anderen Gehirnteilen den Weg für die Entwickelung frei gegeben habe. Glaubte Goltz auf Grund seiner Beobachtungen am großhirnlosen Hund noch eine ungeteilte, einheitliche Funktion der Großhirnrinde annehmen zu müssen, so konnte schon Meynert (Wien) diese Ansicht dahin korrigieren, daß das ganze Gehirn in größere und kleinere Arbeitsbezirke (psychische Zentren) von fest umschriebener und ziemlich selbständiger Funktion aufgeteilt sei. So existieren getrennte Arbeitsgebiete für das Sehen, Hören, Schmecken, Riechen, Tasten usf. Ganz besonders aber überraschte die Tatsache, daß die Funktionen des Körpers sogar doppelt im Gehirn lokalisiert sind, und zwar sowohl in subkortikalen als auch in kortikalen Zentren. Daraus allein erklärt es sich, daß der großhirnlose Hund, wenn auch beeinträchtigte, so doch immerhin noch Sinnesfunktionen zeigte. Die Ge-

kreuztheit der Funktionen, d. h. daß die linke Körperhälfte durch die rechte Hirnhälfte und die rechte Körperseite durch die linke Hemisphäre bedient wird, bleibt auch für die höheren Zentren bestehen. Nur erscheint die linke Hirnhemisphäre nicht allein durch die beim Menschen ausgeprägte »Rechtshändigkeit«, sondern auch insofern psychisch mehr beansprucht, als sich in ihr alle Funktionen vollziehen, die unsere Sprache ausmachen, während der rechten Hemisphäre dabei nur eine unterstützende und bei krankhaften Störungen vielleicht auch Ersatz leistende Bedeutung zukommt. Die Gesamtheit der Zentren in der Großhirnrinde teilt Flechsig wieder ein in Projektions- oder Sinneszentren und Assoziationszentren. Die Sinneszentren stehen durch Nervenleitungen in direkter Verbindung mit den Sinnesorganen. So enthält der Hinterhauptlappen die Endstätten des Sehnerven oder das Sehzentrum (auf der Medianseite des Gehirns an der Fissura calcarina entlang), der Schläfenlappen das Hörzentrum (die in der Sylvischen Spalte verborgen liegende vordere Querwindung der ersten Schläfenwindung), der Gyrus hippocampi das Geruchs- und Geschmackszentrum und der Scheitellappen in seinem von der Zentralfurche durchzogenen Teil das Bewegungszentrum, welches wiederum eine sensorische (Endstätten von Tastempfindungsnerven — Hintere Zentralwindung) und eine motorische Zone (Ursprungsstellen von Bewegungsnerven — Vordere Zentralwindung) erkennen läßt. Bei der hohen Bedeutung, welche die Sprache für die gesamte geistige Entwickelung hat, kann es nicht wundernehmen, daß für sie besondere Funktionsherde bestehen, und zwar je einer für das Hören der Wörter, das Lesen, das Schreiben und das Sprechen.

Bei den Nagetieren stößt innerhalb der Rinde vermutlich noch Sinneszentrum an Sinneszentrum*). In der Rinde der höheren Säuger schalten sich aber nun zwischen den Sinneszentren, immer größer werdend, Gebiete ein, die nach außen hin mit den Sinnesorganen direkt nicht mehr in Verbindung stehen, um bei den höheren Säugern als Assoziationszentren im Zusammenwirken mit den Sinneszentren jene verwickelten Vorgänge zu ermöglichen, die wir als Gefühlsverlauf, Aufmerksamkeitsvorgänge, logisches Denken usf. kennen. Wir nennen, sagt Flechsig, einen Menschen nicht

*) Flechsig untersuchte mikroskopisch Serien von Gehirnschnitten aus vielen Nagetiergehirnen und fand, daß die Sinnesnerven in der Rinde mit ganz charakteristischen Aufsplitterungen (Endplexus) endigen. Später gelang es Ramon y Cajal (Madrid), einem der größten Autoritäten auf dem Gebiete der mikroskopischen Gehirnuntersuchung, nachzuweisen, daß es im Gehirn der Affen und Menschen ausgedehnte Bezirke gibt, in denen die Nervenfasern der Endplexus entbehren. Flechsig erblickt darin eine wichtige Bestätigung seiner Assoziationszentrentheorie.

verrückt, wenn er infolge einer Gehirnerkrankung etwa den Geruch verloren hat. Die Erkrankung der Assoziationszentren ist es vielmehr, was geisteskrank macht; sie sind das eigentliche Objekt der Psychiatrie. Sie finden wir verändert bei denjenigen Geisteskrankheiten, deren Natur uns am klarsten ist, weil auf Dünnschnitten das Mikroskop Zelle für Zelle und Faser für Faser deutlich die zugrundeliegenden Veränderungen erkennen läßt. In ein wirres Durcheinander geraten die Gedanken, neue, fremdartige Phantasiegebilde erzeugt der Geist, wenn die Assoziationszentren krankhaft gereizt werden, und völlig verloren geht die Fähigkeit, die Vergangenheit zu nützen oder die Folgen von Handlungen vorauszusehen, wenn sie vernichtet werden. Sie sind die Hauptträger von dem, was wir Erfahrung, Wissen und Erkenntnis, was wir Grundsätze und höhere Gefühle nennen.

Nach Flechsig lassen sich drei solcher Assoziationszentren in der Hirnrinde unterscheiden. Als erstes sei die Insel genannt. Sie erscheint ihrer Lage und Faserverbindung nach besonders geeignet, die Funktionen der gleichen Hemisphäre unter sich zweckmäßig zu verbinden und in der linken Hemisphäre gleichzeitig die in der Rinde zerstreut liegenden Funktionsherde der Sprache einheitlich zusammenzufassen. Inselerkrankungen linkerseits haben daher sehr oft recht erhebliche Sprachstörungen im Gefolge. Als ein zweites Assoziationszentrum bezeichnet Flechsig das Stirnhirn. In der Angabe der Funktion desselben stimmt er in den wesentlichen Punkten mit Wundt soweit überein, daß es praktisch erscheint, hier den Ausführungen Wundts*) zu folgen, der begreiflicherweise der psychischen Seite der Vorgänge sein Hauptinteresse zuwendet. In dem menschlichen Gehirn, so sagt Wundt, gibt es eine Region, die gegen äußere Einwirkungen und innere Veränderungen auffallend indifferent bleibt und darauf weder mit Bewegungsimpulsen noch mit der Rezeption sinnlicher Empfindungen reagiert: Es ist dies der von der vorderen Grenze der motorischen Zone (Vordere Zentralwindung) nach vorn gelegene Abschnitt des Stirnlappens. Pathologische Beobachtungen bezeugen, daß Verletzungen dieser Gegend, die zuweilen selbst mit Verlust ansehnlicher Massen von Hirnsubstanz verbunden waren, ohne alle Störungen der Sinnestätigkeit verliefen. Ebenso bestimmt lauten aber in der Regel die Angaben der Beobachter dahin, daß sich bleibende Störungen der geistigen Fähigkeiten und Eigenschaften eingestellt hatten. In einem berühmt gewordenen amerikanischen Fall z. B. war eine spitze Eisenstange von $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser infolge der Explosion einer Spreng-

*) Wundt, Grundzüge d. physiol. Psych. I, 320ff. V. Auflage.

ladung unten am linken Unterkieferwinkel eingedrungen und hatte oben, nahe dem vorderen Ende der Pfeilnaht, wieder den Schädel verlassen. Der Kranke, der noch 12½ Jahre lebte, zeigte keine Störungen der willkürlichen Bewegung und Sinnesempfindung, aber sein Charakter und seine Fähigkeiten waren völlig verändert. »Während er in seinen intellektuellen Äußerungen ein Kind ist«, heißt es in dem Gutachten seines Arztes, »hat er die tierischen Eigenschaften eines Mannes«. In anderen Fällen werden bald die Abnahme des Gedächtnisses, bald die gänzliche Willenlosigkeit als charakteristische Symptome hervorgehoben. In Übereinstimmung hiermit steht die Beobachtung, daß jene pathologischen Rückbildungen des Gehirns, welche die Herabsetzung der Intelligenz und des Willens im paralytischen Blödsinn oder im hohen Alter (Altersblödsinn) begleiten, vorzugsweise die Stirnlappen treffen, ebenso die Wahrnehmung, daß in der Tierreihe die intellektuelle Entwickelung mit der Ausbildung des Vorderhirns gleichen Schritt hält. Die psychologische Analyse dieses Tatbestandes ergibt, daß das Stirnhirn ein Apperzeptionszentrum ist. Aber was ist Apperzeption? Der Mensch besitzt die Fähigkeit, von den vielen Vorstellungen, die sich in sein Bewußtsein drängen, jeweils eine festzuhalten und auf sie ganz besonders die Aufmerksamkeit zu richten. Ja, man kann sagen, daß alles angestrengte und scharfe Nachdenken in der Fähigkeit besteht, einzelne Bestandteile der psychischen Erlebnisse klarer und deutlicher aufzufassen als andere. Nun liegt es nahe, als körperliche Grundlage dieses Geschehens, Hemmungsvorgänge im Gehirn anzunehmen, die, indem sie andere begleitende Erregungen zurückdrängen, eben damit bestimmten, nicht gehemmten Erregungen den Vorzug verschaffen. Diesen Hemmungsvorgang, der sich psychologisch in der Isolierung eines einzelnen Bewußtseinsinhaltes äußert, welcher dadurch klarer wird und deutlicher hervortritt, heißt Wundt Apperzeption. Wenn ich am Schreibtisch sitze und Mathematik treibe und trotz der störenden Musik eines Pensionstöchterchens noch das richtige Resultat errechne, wenn ich im Stimmengewirr eines Festsaales die Stimme meines Freundes noch deutlich vernehme oder aus einem auf dem Klavier gehörten Akkord die einzelnen Töne heraushöre, wenn ich mit geballten Fäusten vor meinem Todfeind stehe und doch nicht zuschlage, wenn ich geschlechtlich erregt bin und gleichwohl die Herrschaft über die Triebe behalte — —, das alles sind Hemmungsvorgänge, die geleistet werden auf Grund der Tätigkeit des Stirnhirns. Damit erscheint aber dieses Zentrum nicht nur als Sitz der Aufmerksamkeits- und Lernvorgänge, sowie der wesentlichen Komponenten des Persönlichkeitsbewußtseins, sondern auch, weil alle jene inneren und

äußeren Willenshandlungen von Gefühlen begleitet sind und vielfach im Gefühlsverlauf ihren Grund haben, als Sitz der Gefühle.

Einen wesentlich anderen Charakter tragen die psychischen Leistungen, die sich Flechsig an ein drittes, zwischen Scheitel- und Hinterhauptlhirn gelegenes Assoziationszentrum geknüpft denkt. In beschränktem Umfange verfügt auch das Tier über Apperzeptionsvorgänge. Der Hund z. B. vermag seine Aufmerksamkeit scharf auf einzelne Dinge einzustellen und beißt in vielen Fällen nicht zu, obwohl er dazu gedrängt wird. Und doch besteht zwischen Hund und Mensch in geistiger Hinsicht ein himmelweiter Unterschied. Wir haben keinen Grund anzunehmen, daß ein Hund etwa die Sonne nicht sieht, den Stein nicht wahrnimmt, der auf der Straße liegt, oder die Wärme nicht bemerken sollte, die ein von der Sonne bestrahlter Stein ausströmt. Eines aber steht fest, der Hund ist unfähig, das Wahrgenommene zu dem Gedanken zu verbinden: die Sonne erwärmt den Stein. Es erscheint wenig, was dabei an psychischer Fähigkeit mehr gefordert wird, und doch trennt es die Geister so weit. Diese spezifisch menschliche Eigenschaft der Ideenverknüpfung, die einen großen Teil davon ausmacht, was wir logisches Denken nennen, ist Flechsig geneigt, im hinteren Scheitelhirn lokalisiert anzunehmen. An einem zweiten Beispiel wird es vielleicht noch klarer, welche menschliche Fähigkeit Flechsig damit meint. Es geht im Lande die Mär, daß bei allen großen Erfindungen und Entdeckungen der Zufall eine Rolle gespielt habe. Newton sah in einem Garten in Cambridge einen Apfel vom Baum fallen und entwickelte aus diesem Anlaß sein Gravitationsgesetz. Galilei beobachtete in der Kirche eine vom Wind hin und her bewegte Ampel und machte sich im Anschluß daran die ersten Notizen über seine Pendelgesetze. Wie viele Menschen mögen schon fallende Äpfel beobachtet und im Luftzug pendelnde Laternen gesehen haben — aber ihnen fiel dabei nichts ein! Aus geringen Anlässen Großes zu denken, ist nicht ein Spiel des Zufalls, sondern hat seinen Grund in der geistigen Überlegenheit des Genies. Und nun ist es geradezu auffällig, wie durch geniale Kompositionsfähigkeit ausgezeichnete Männer — v. Liebig, Kant, Rich. Wagner, Bach, Beethoven, Gauss, Darwin und andere — an ihrem Schädel starke Entwickelung der Scheitelgegend erkennen lassen, und Flechsig ist der Ansicht, daß der Mensch überhaupt seine geistige Überlegenheit besonders den als Assoziationszentren bezeichneten Hirnteilen und in erster Linie dem hinteren großen Assoziationszentrum verdankt. Das geht für ihn insbesondere auch aus der Beobachtung von Geisteskranken hervor. Die Erkrankung des hinteren Scheitelhirns hat

eine eigentümliche Ratlosigkeit zur Folge. Illusorische Verworrenheit und Unsicherheit in ganz gewohnten assoziativen Verbindungen sind regelmäßige Begleiterscheinungen, und Halluzinationen, die der Phantasie des Kranken ganze Szenerien und Erlebnisse vorzaubern, lassen die Erinnerungsbilder der Gesichts-, Gehörs- und Tasteindrücke wirr durcheinandergeraten. In schlimmen Fällen ist der Kranke ganz ideenarm geworden; es fällt ihm gelegentlich gar nichts mehr ein, weder Richtiges noch Falsches — er ist blödsinnig!

Die Durchsicht der Literatur zum Zwecke der Orientierung über den gegenwärtigen Stand der Lokalisationsfrage mit besonderer Rücksicht darauf, was von dem Angeführten noch hypothetischer Bestandteil ist und was bereits als Allgemeingut der Wissenschaft gelten darf, führt zu folgendem Ergebnis. Über die Sinneszentren besteht im allgemeinen nach Lage und Abgrenzung kein Streit mehr. Von den Sprachzentren gilt die Umschreibung des Zentrums für den Leseakt noch als unsicher, und allerneueste Forschungen verlegen das »Sprechzentrum« Brocas dichter an die vordere Zentralwindung heran oder gar in dieselbe hinein. Die Funktion des Stirnhirns wird in der oben beschriebenen Weise oder doch ähnlich angenommen. Die Arbeitsleistung der Insel ist noch zweifelhaft, und großer Widerspruch erhebt sich noch heute in der Literatur gegen die Annahme eines großen Assoziationszentrums im hinteren Scheitelhirn. Überhaupt neigt die Mehrzahl der Forscher dazu, sich die kombinatorische und assoziative Tätigkeit des Geistes nicht an scharf umschriebene Zentren (Assoziationszentren) gebunden, sondern mehr oder weniger über die gesamte Hirnrinde verteilt zu denken, so auch Wundt*). Man würde sich aber auch nach Flechsig eine durchaus falsche Vorstellung vom eigentlichen Sachverhalt machen, wollte man annehmen, daß die Zentren für sich allein und getrennt von den anderen funktionieren könnten. So wenig eine einzelne Schraube in einem Uhrwerk für sich allein imstande wäre, auch nur einen Bruchteil von Zeit anzuzeigen, so wenig bringt die Tätigkeit eines isolierten Zentrums ein psychologisches Erlebnis zustande. Trotz der führenden Rolle, die dem

*) Für Wundt sind vorwiegend psychologische Gründe ausschlaggebend. Ein Klavierton z. B., den wir als vollkommen einheitliches Klanggebilde vernehmen, erweist sich bei genauer Untersuchung als aus zahlreichen Partialtönen (Obertönen) zusammengesetzt. Daraus folgt, selbst wenn man Sinneszentren und Assoziationszentren unterscheiden wollte, daß innerhalb des Hörzentrums schon Assoziationen, nämlich Verschmelzungen der oben beschriebenen Art stattfinden müssen. Die Assoziationszentren Flechsigs sind also in Wirklichkeit Komplikationszentren, sofern man nach Wundts Bezeichnungsweise unter Komplikation die innige Vereinigung von Eindrücken aus verschiedenen Sinnesgebieten versteht. Die sorgfältige Analyse der Assoziationsvorgänge hat aber ergeben, daß »Verschmelzung« und »Komplikation« prinzipiell nichts Verschiedenes sind.

Schreibzentrum etwa bei der Niederschrift von Wörtern zukommen mag, steht doch fest, daß dem Schreiben ein »Vorstellen« der zu schreibenden

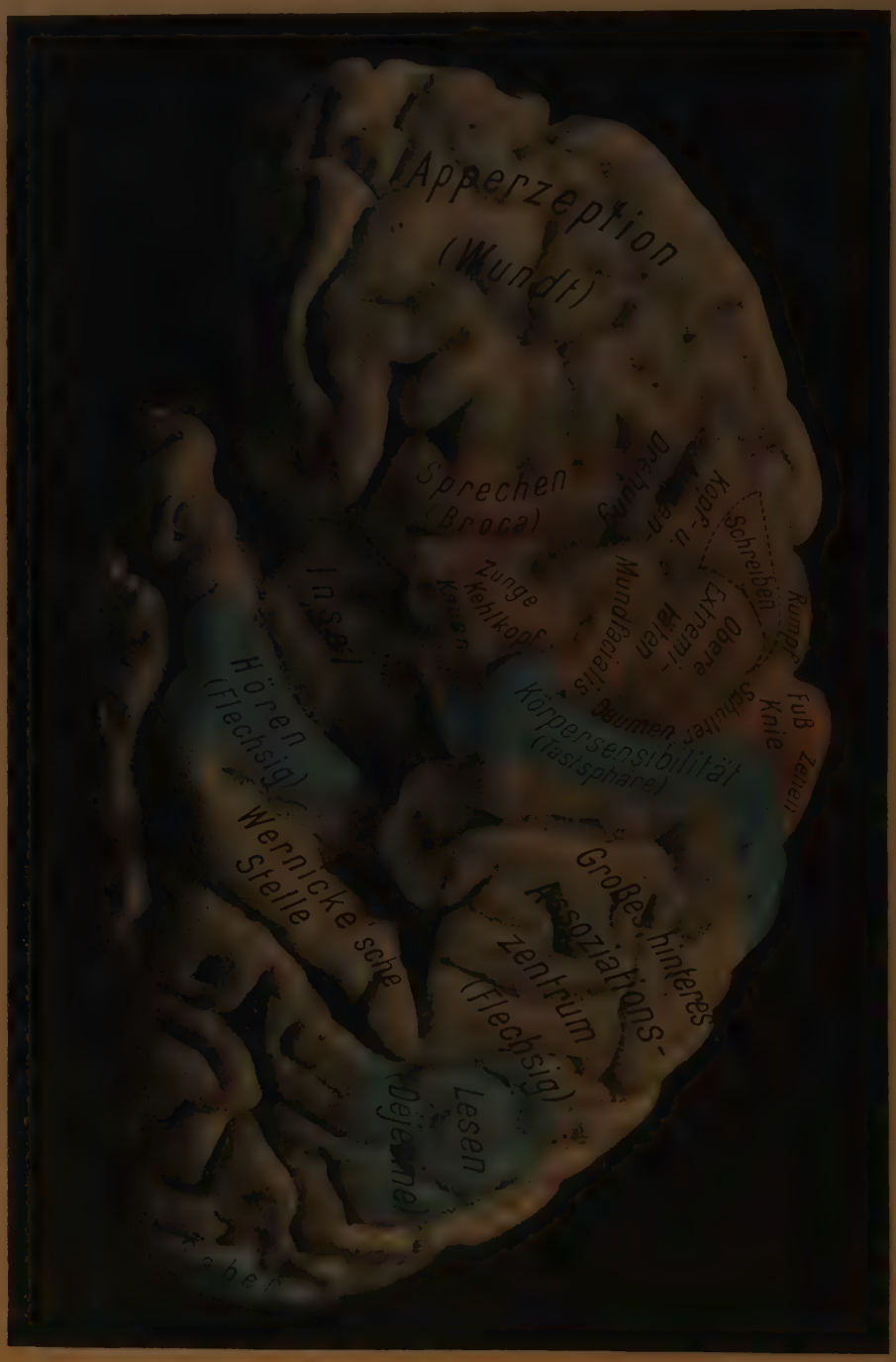


Fig. 34. Außenseite der linken Hemisphäre des erwachsenen menschlichen Gehirns in natürlicher Größe. Links Stirn, rechts Hinterhaupt. Der Schläfenlappen wurde, um die Insel sichtbar zu machen, entlang der Sylvischen Spalte nach unten gedrückt. Blau = Sensorische, rot = Motorische Zentren. Dabei ist zu beachten, daß jedem motorischen Zentrum der vorderen Zentralwindung ein in gleicher Höhe gelegenes sensorisches Zentrum der hinteren Zentralwindung zugeordnet ist. Im Interesse größerer Übersicht wurden indes die sensorischen Zentren der hinteren Zentralwindung als »Zentren für die Körpersensibilität« zusammengefaßt.

Wörter vorangehen muß, daß uns beim Schreiben ein Klangbild des zu schreibenden Wortes im Ohre liegt, daß es von leisen Sprechbewegungen

begleitet und jedes geschriebene Wort vom Auge lesend überflogen wird. Wohnt aber dem Wort ein bestimmter Sinn inne, wie z. B. dem Wort

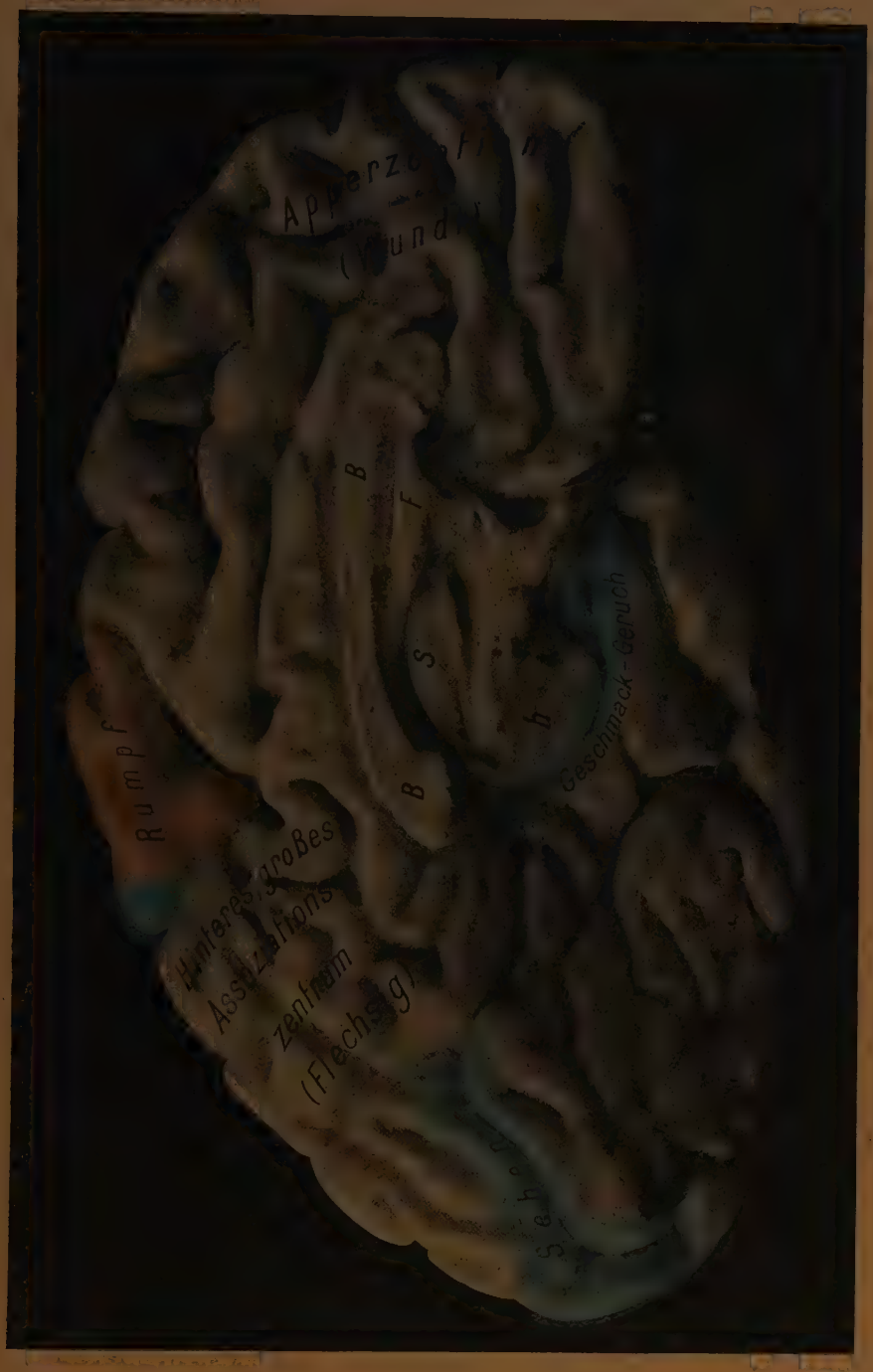


Fig. 35. Innenseite (Medianseite) der linken Hemisphäre des erwachsenen menschlichen Gehirns in natürlicher Größe. Rechts Stirn, links Hinterhaupt. Das verlängerte Mark mit dem Kleinhirn bei *h* (Hirnschenkel) abgetrennt. Blau = Sensorische, rot = Motorische Zentren. *B* = Balken, *F* = Fornix, *S* = Sehhügel.

»Rose«, und erinnern wir uns dabei an Farbe, Form, Geruch, Standort, Weichheit der Blätter usf., so können wir gewiß sein, daß bei diesem doch

sehr einfachen psychologischen Erlebnis fast die ganze Hirnrinde in Tätigkeit versetzt wird. Und so ergibt sich denn als eines der sichersten Ergebnisse, welches die Psychologie der Analyse der Gehirnfunktionen verdankt, daß die körperliche Grundlage aller höheren Geistestätigkeit in der funktionellen Wechselwirkung der Großhirnzentren gegeben ist. Wir kehren damit aber zurück zu einem Gedanken, der am Eingange dieses Kapitels bereits zu lesen ist: Die Differenzierung in einzelne Funktionen bringt an sich noch keine Höchstleistung zustande, ergänzend und vollendend muß hinzukommen das einheitliche Zusammenarbeiten, die höhere Organisation.

IV. Beispiele für die psycho-physische Analyse der Gehirnfunktionen.

1. Die Sprachstörungen.

a) Über Behinderungen im rechten Gebrauch der Sprache beim Gesunden.

Es gehört wenig Selbstbeobachtung dazu, um an sich selbst zu entdecken, daß geistige Vorgänge auch beim Gesunden nicht mehr normal ablaufen, wenn er etwa infolge von Übermüdung unaufmerksam und zerstreut ist. Oft hält uns das Gefühl der Peinlichkeit derartige Vorkommnisse noch lange in Erinnerung. »Ich habe gelacht, daß mir bald der Platz bauchte«, sagt einer und wollte doch sagen: »Ich habe gelacht, daß mir bald der Bauch platzte«. Dabei ist das Tollste, daß der Betreffende den Unsinn gar nicht merkt und erst durch das Gelächter der anderen darauf aufmerksam wird. Diese Wortverdrehungen, oder wie man auch sagt, das Kauderwelschreden (Paraphasie), kommt offenbar durch unaufmerksames Hinhören auf seine eigenen Worte zustande. Die Sprechbewegungen, so fein sie auch abgestuft sein mögen, lassen doch nicht scharf genug unterschiedene, innere Muskelempfindungen aus sich entstehen, als daß man danach die Richtigkeit der Rede beurteilen könnte, es sei denn, daß die Kontrolle durch das Ohr hinzukommt. Bewiesen wird das auch dadurch, daß der taub Geborene stumm bleibt (taubstumm) und jeder später Ertaubte allmählich stumm wird. Das Ohr nimmt überhaupt im Mechanismus der Sprache eine recht bevorzugte Stellung ein. Das Kind lernt vorwiegend durch Zuhören sprechen, wenig durch Ablesen von den Lippen. Die einzelnen Laute und Juchzer, die das Kind mehr zufällig und unwillkürlich hervorbringt, kommen für die Sprachentwickelung kaum in Frage. Man hat vielmehr bei der Beobachtung von Mutter und Kind den Eindruck, daß Vorgesprochenes zwangsmäßig nachgeahmt wird. Die Mutter spricht das Wort »Vater« vor, das Kind lacht und ahmt »Tata« nach. Die Mutter ahmt nunmehr das Kind wieder nach und sagt »Tata«, worauf das Kind um so leichter »Tata« wiederholt, weil der Zwang zum Nachsprechen nunmehr durch das Bekanntheitsgefühl, welches sich an das Wort »Tata« infolge der

Wiederholung geknüpft hat und durch die erlangte Übung unterstützt wird. Spricht die Mutter ganze Sätze vor, so versucht das Kind wenigstens die letzten Worte zu erhaschen. Auf: »Wer bist du«, tönt es wie ein Echo aus dem Kinde heraus: »Bist du«, und wir wissen, daß für viele Idioten diese Echosprache (Echolalie), ähnlich wie bei dem Papagei, die höchste Entwickelung der Sprache überhaupt darstellt.

Vollständig unterdrücken kann selbst der Erwachsene den Zwang des Nachsprechens bei aufmerksamem Zuhören nicht. Gibt es doch viele Leute, die tatsächlich nach dem Theater stets heiser sind, nicht etwa, weil es im Theater zu warm war, sondern weil sie mehrere Stunden lang so bei der Sache waren, daß sie in minimalen Sprechbewegungen mitredeten, etwa so, wie es beim Anhören von Tanzmusik den jungen Mädchen in den Beinen »juckt«, ohne daß sie Tanzbewegungen wirklich ausführen. (Intendierte Bewegungen.)

Ist das Gehirn übermüdet, so kommen noch andere Erscheinungen zur Beobachtung, die man als Sprachstörungen des normalen Menschen bezeichnen könnte. Es ist auffällig, daß Leute, die gut aufgelegt und froher Laune sind, viel reden, und mancher hat schon am nächsten Tage das unbedachtsame Wort bereut, was er am Abend vorher in seiner Schwatzhaftigkeit (Logorrhoe) gesagt hatte. In der »Unbedachtsamkeit« des Wortes liegt drin, daß sich der Rededrang nicht nur unabhängig vom freien Willen, sondern sogar gegen diesen vollzog. Wir empfinden es ferner als störend für die Neueinstellung der Aufmerksamkeit, wenn wir temperamentvoll gesprochene oder interessiert angehörte Redewendungen als Klänge im Ohr mit uns umhertragen. Typisch dafür ist eine Leierkastenmelodie, die uns stundenlang im Ohre liegt, und die wir nicht los werden. Vielleicht ist darin auch für viele Charaktere das Unvermögen geschaffen, sich über die Äußerungen anderer gleichgültig hinwegzusetzen. Im Gegensatz zu diesem hartnäckigen Verharren (Perseveration) einer Klangvorstellung im Bewußtsein steht das nicht weniger angenehme momentane Abhandenkommen eines Wortklangbildes. Man weiß oft selbst nicht wie es zugeht, aber es ist so, daß einem gelegentlich die bekanntesten Personennamen nicht einfallen. Dabei ist es die Regel, daß die betreffende Person geradezu leibhaftig vor dem geistigen Auge steht. »Das Wort liegt auf der Zunge«, man setzt förmlich zum Sprechen an, und doch ist es unmöglich, mit den Sprechbewegungen ins reine zu kommen. Es fehlt das Muster, nach dem das Wort gesprochen sein will, und daran hat das Wortklangbild hervorragenden Anteil. Vergessen ist das Wortklangbild keineswegs; es werden ja

BOSTON MEDICAL
JUL 29 1921
LIBRARY

die lebhaftesten Bekanntheitsgefühle wach, wenn ein anderer das Wort nennt, und man kann sofort entscheiden, ob der Name richtig oder falsch ist. Diese Störung in der Wortfindung ist ein spezieller Fall der Gedächtnisdefekte (Amnesien) überhaupt und heißt Wortamnesie. Bald ist es eine vorübergehende Schwäche des Zentralnervensystems, bald eine erhöhte Reizbarkeit desselben, d. h. ein zu leichtes Ansprechen auf sehr schwache Reize, bald ein Mischzustand von reizbarer Schwäche, der die Behinderungen im rechten Gebrauch der Sprache entstehen läßt.

b) Sprachstörungen bei Gehirnerkrankungen und -verletzungen.

Daß bei Erkrankungen des Gehirns normalerweise schon auftretende Störungen — wie Paraphasie, Echolalie, Logorrhoe, Perseveration und Wortamnesie — eine intensive Steigerung erfahren können, wird nach dem Gesagten nicht mehr verwunderlich sein. Viel erstaunlicher ist es, daß bei Gehirnverletzungen und -erkrankungen gar nicht immer die normal vorhandene Funktion intensiv gesteigert, abgeschwächt oder die ganze Funktion aufgehoben erscheint, sondern nur ein isolierter Funktionsanteil total ausgelöscht wird. Beispiele für isolierten Funktionsausfall oder den Wegfall einer oft geradezu überraschend kleinen Teilfunktion kann jeder Arzt aus seiner Praxis in Hülle und Fülle anführen. Man höre nur, was es da für sonderbare Krankheiten gibt! W. v. Stauffenberg behandelte in der Münchener Klinik eine Frau, die war »seelenblind« geworden. Sie war keineswegs blind, sie fand sich im Raum zurecht, was daraus hervorging, daß sie beim Gehen Hindernissen sehr gut ausweichen konnte, ohne sich des Tastsinnes zu bedienen. Sie zählte auch vorgehaltene Finger in 5 Meter Entfernung ganz prompt. Der Blitzableiter am Dach und Personen auf 10 Meter Entfernung wurden deutlich unterschieden, und auf $^1/_2$ Meter Entfernung konnte sie richtig angeben, ob der Mund des untersuchenden Arztes offen oder geschlossen war. Auf einem vorgehaltenen Stück Papier unterschied sie Schreib- und Druckschrift einwandfrei. Sie bemerkte kleine Papierschnitzel am Boden und gab auf 7 Meter Entfernung den Stand der Zeiger einer großen Ganguhr richtig an. Dünne Nähnadeln, die vor ihr ausgestreut wurden, sammelte sie prompt und vollzählig auf, und doch hatte diese Frau trotz erhaltenen Sehvermögens die Fähigkeit des »optischen Erkennens« eingebüßt. Sie war außerstande, ihr Sehvermögen zum Erkennen vorgezeigter Gegenstände zu benutzen. Sie beguckte zwar vorgehaltene Dinge interessiert von allen Seiten, aber ohne jeden Erfolg. Mit größtem Eifer bediente sie sich daher der übrigen Sinne zur Identifikation und stellte

durch Beriechen, Betasten und Beklopfen fest, was es sei. Bei unversehrter Netzhaut und keinem krankhaften Befund am Auge blieb die Fähigkeit, Gegenstände zu erkennen, während der sechsjährigen Beobachtungszeit hin-

Ein Fall von »Seelenblindheit« nach W. v. STAUFFENBERG.
Auf dem oberen Bilde sieht man die Patientin B. ganz ratlos gegenüber dem optischen Eindrucke eines Schwammes. Sie fragt fortgesetzt: »Darf ich's nicht anrühren?« Auf dem unteren Bilde ist dargestellt, wie sie beim Berühren mit einem Finger den Schwamm sofort als solchen erkennt. Sehr deutlich spiegelt sich der Vorgang in der Mimik der Patientin wider.

durch so gut wie aufgehoben. Die erste Reaktion auf das Vorzeigen eines Gegenstandes blieb immer die inständige Bitte: »Herr Doktor, darf ich's nicht anfassen?« Demzufolge war die Kranke auch außerstande, Personen

zu erkennen. Nur ganz umständlich und nach langer Übung vermochte sie Ärzte und Schwestern zu unterscheiden: »Diese haben weiße Hauben, weiße Schürzen und schwarze Röcke, und sie gehen lautlos; jene haben einen langen weißen Rock und Stiefeln, die man beim Gehen hört.« Die spätere Sektion und Untersuchung des Gehirns ergab denn auch eine spezielle Form der Erkrankung des Sehzentrums und seiner Verbindungen im Gehirn. Hunderte von weiteren Beispielen ließen sich anführen. In der Geschichte der Medizin erscheint aber die Entwicklung der Lehre von den Großhirnzentren auf das innigste verquickt mit der Entdeckung von charak-

Fig. 36. Frontalschnitt aus dem Gehirn eines Erwachsenen. Motorische oder Brocasche Aphasie als Folge einer Herderkrankung in der dritten linken Stirnwindung. Natürliche Größe.

teristischen Sprachstörungen, die gewisse Gehirnkrankheiten begleiten. Ihrer soll hier noch besonders gedacht werden. Broca, ein französicher Arzt, beschrieb zuerst Patienten, die, — wie der spätere Leichenbefund ergab, — infolge einer Erkrankung der dritten linken Stirnwindung die Wortbilder der Sprache und damit die Fähigkeit zu reden verloren hatten (Motorische Aphasie, Fig. 36). In einigen schweren Fällen wußten die Kranken nicht mehr, wie man den Mund aufmacht oder die Zunge vorstreckt — und doch verstanden sie jedes gesprochene Wort, gaben gelegentlich Laute von sich und bewiesen beim Essen und Schlucken, daß die Sprechmuskulatur keineswegs gelähmt war. Wie von einer Tarantel gestochen, fuhr bei dieser Kunde

die schlafende Gehirnforschung empor: die menschlichste aller Seelentätigkeiten, die Sprache, sollte an die Tätigkeit einer kleinen Rindenstelle gebunden

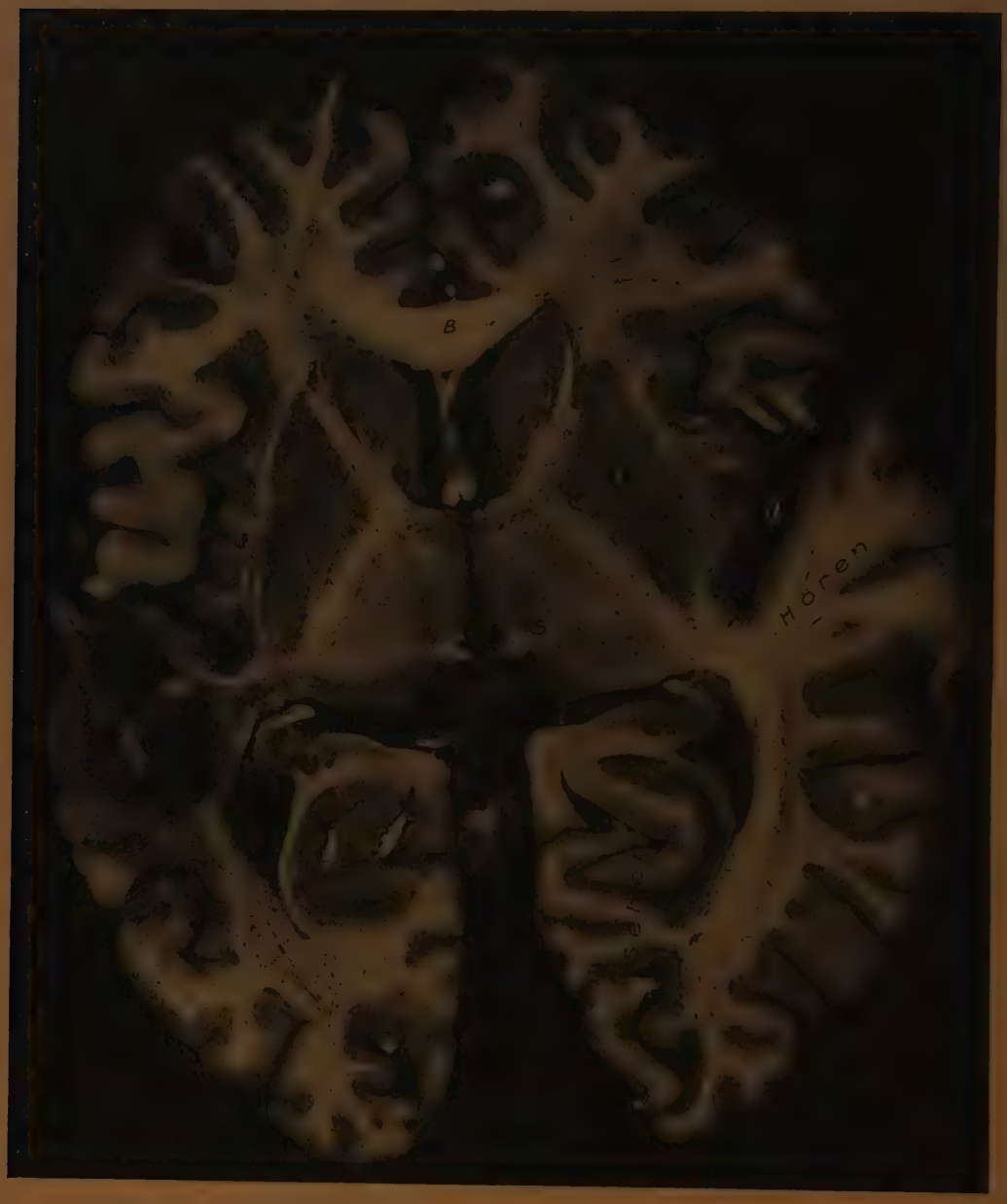


Fig. 37. Horizontalschnitt aus dem Gehirn eines Erwachsenen. Natürliche Größe. Sensorische oder Wernickesche Aphasie als Folge einer Herderkrankung in der ersten linken Schläfenwindung. B = Balken, St = Schweifkern des Streifenhügels, L = Linsenkern, S = Sehhügel, J = Insel.

sein — das war undenkbar. Da kam Wernicke und schilderte, auf hirnanatomischen Untersuchungen von Meynert fußend, neue Krankheits-

symptome, die im Anschluß an Verletzungen des Schläfenlappens*) zu beobachten gewesen waren. Seinen Kranken war trotz erhaltenen Sprechvermögens und des sonstigen Hörvermögens das Verständnis gehörter Wörter abhanden gekommen (Sensorische oder amnestische Aphasie, Fig. 37). Ruft man solchen Patienten laut etwas zu, so drehen sie sich zwar um, haben also den Schall vernommen, aber sie sind außerstande, den Sinn des zugerufenen Wortes zu verstehen (Worttaubheit) — gewiß eine sehr seltene Krankheit; gehört doch zu ihrem Zustandekommen die symmetrische Erkrankung eines ganz bestimmten Anteils beider Hörsphären, da, wie die Forschung später nachwies, sonst die Hörsphäre der einen Hirnhälfte vikarierend für die der anderen eintreten kann. Aber gerade die Absonderlichkeit und Seltenheit der Erscheinung war geeignet, die Geister aufzurütteln. Mit dieser Entdeckung erst war der Bann gebrochen und der Umsturz in der Wissenschaft nicht mehr aufzuhalten, zumal sehr bald auch die Gebundenheit der Fähigkeiten des Lesens und Schreibens an getrennte Hirnzentren wiederum durch das Vorkommen krankhafter Sprachstörungen erwiesen wurde. Bei Unfähigkeit zum Schreiben (Agraphie) ist der Patient an der Ausführung von Schreibbewegungen behindert, obwohl im übrigen die Bewegungsfähigkeit von Arm und Hand fortbesteht. Hierbei mußte man aber notgedrungen das Spontanschreiben (Niederschreiben von Gedanken und Einfällen, die man hat) scheiden von dem Diktatschreiben und dem Abschreiben, weil die eine Funktion aufgehoben sein kann, ohne daß die anderen beiden von der Störung berührt werden. Diese Fälle sind deshalb so interessant, weil man hier einmal den ursächlichen Zusammenhang ohne allzu große Schwierigkeiten klar übersehen kann. Es kommt nämlich vor, daß die eigentlichen Sprachzentren zwar intakt sind, die assoziativen Leitungssysteme aber, welche die Zentren untereinander verbinden, Schaden gelitten haben (Inselerkrankungen). Ist nun z. B. die Verbindung der Sprachhörgegend mit dem Handzentrum unterbrochen, so ist, wie zu erwarten, Schreiben nach Diktat unmöglich geworden, wohl aber läßt sich nachweisen, daß solche Kranke verstehen, was sie hören und lesen, weil

*) Wernicke hat keineswegs in allen seinen Schriften die nach ihm benannte »Wernickesche Stelle« in der ersten Schläfenwindung (vgl. Fig. 34) als kortikales Hörzentrum aufgefaßt. Es findet sich vielmehr bei ihm wiederholt die Behauptung, daß für den Hörakt sämtliche äußere Schläfenwindungen in Betracht kämen. Die gleiche Ansicht vertraten später Munk und v. Monakow. Ferrier und Turner verlegten die Hörsphäre ausschließlich in die erste Schläfenwindung, und erst Flechsig gelang der Nachweis, daß von der ersten Schläfenwindung für die kortikale Ausbreitung der Hörleitung nur die in der Tiefe der Sylvischen Spalte verborgen liegende vordere Querwindung in Frage kommt (Fig. 34).

eben die Verbindungen zwischen Ohr bzw. Auge und Rinde noch da sind. Ein solcher Kranker wird noch ganz gut abschreiben können; das aber wird ihm unmöglich sein, wenn etwa die Verbindung des motorischen Armzentrums mit der Sehsphäre gelitten hat (EDINGER). Ähnliche Ausfälle von Teilerscheinungen sind auch bei Lesestörungen beobachtet worden. Die Unfähigkeit zum Lesen (Alexie) besteht in dem Unvermögen, trotz erhaltener Sehfähigkeit die Wortbilder in Klangbilder umzusetzen und ihren Sinn zu entziffern. Werden selbst die einzelnen Buchstaben nicht mehr richtig benannt (Störung im Lautzentrum), so redet man nach KUSSMAUL, der darauf zuerst hinwies, von literaler Alexie, im Gegensatz zur verbalen Alexie, bei der die richtig gelesenen Buchstaben nur sehr schwer zum Worte zusammengefügt werden können (Störung im Silbenzentrum).

c) Schwierigkeiten einer Lokalisation der Sprache im Gehirn.

Das Tatsachenmaterial über Sprachstörungen ist in den letzten Jahrzehnten geradezu ins Ungeheuerliche gestiegen. v. MONAKOW führt in seiner umfassenden Monographie über »Die Lokalisation im Großhirn und der Abbau der Funktion durch kortikale Herde« aus dem Jahre 1914 allein 851 allgemeine Arbeiten über Aphasie, ferner 254 Fälle von motorischer Aphasie, 222 Fälle von sensorischer Aphasie und 218 Fälle von Mischformen verschiedener Sprachstörungen als Folge von Gehirnerkrankungen oder -verletzungen auf — alles Fälle, von denen nicht nur die Krankengeschichte auf das Genaueste bekannt geworden, sondern auch entweder der operative Befund am Gehirn oder der Sektionsbefund an der Leiche erhoben werden konnte. Nicht wenige Fälle davon sind sogar an Dünnschnitten mit Hilfe des Mikroskops eingehend studiert worden. Gleichwohl würde man unter der Fülle des Tatsachenmaterials förmlich ersticken, hätte die Wissenschaft in der Ordnung ihrer Beobachtungen nach Ursache und Wirkung nicht ein Hilfsmittel zur Verfügung, sich auch durch einen solchen Wust von Tatsachen hindurchzufinden. Die Ordnung wissenschaftlicher Tatsachen nach dem kausalen Prinzip nennt man Theorie. Es leuchtet ein, daß es mehrere Theorien geben kann, von denen die als die beste erscheint, der die wenigsten Tatsachen widersprechen. Daß wir noch keine einheitliche Theorie der Sprachfunktionen des Gehirns besitzen, hat seinen Grund in der Art, wie die Gehirnerkrankungen, die Sprachstörungen im Gefolge haben, zustande kommen. Förmlich reine Naturexperimente sind es, wenn sich ein möglichst kleines Blutgefäß — sei es durch ein Gewebsfetzchen, durch einen Fettpfropfen, ja selbst durch eine Luftblase — verstopft und nun jenes scharf

umschriebene Gehirngebiet, in welchem sich das Gefäß bäumchenartig aufzweigt, deshalb außer Betrieb gesetzt wird, weil es nicht mehr ernährt werden kann. Die Entstehung einer Aphasie ist von dem großen Zufall abhängig, daß die Embolie*) (Gefäßverstopfung), gerade in einer Sprachregion auftritt. Ein isolierter Funktionsausfall wird aber auch dann höchst selten sein, weil die Gefäßverteilung anderen Gesetzen folgt, als die Aufteilung der Hirnrinde in psychische Zentren. Meist wird also entweder ein Rest der Funktion erhalten bleiben, oder aber es werden andere Funktionen gleichzeitig mit erlöschen. Lehrreich an jedem Falle ist aber immer der präzise und plötzliche Funktionsausfall, was begreiflich erscheint, weil wir wissen, daß eine Nervenzelle sicher zugrunde geht, wenn sie länger als 3 Minuten gänzlich ohne Sauerstoffversorgung ist.

Weitaus häufiger aber sind es wachsende Geschwülste des Knochens, der Hirnhäute oder der Gehirnsubstanz selbst, die infolge fortschreitenden Wachstums nicht nur ihre nächste Umgebung krankhaft verändern, sondern auch durch Druck Fernwirkungen erzeugen können, die oft zu Funktionsausfall an ganz entlegenen Stellen führen. Man sieht, daß diese Fälle schon überaus schwieriger zu analysieren sind.

Ähnliche Schwierigkeiten in ihrer Deutung bieten die Schädigungen des Gehirns nach Blutungen infolge eines Schlaganfalles oder einer Verletzung, wobei es nicht nur auf die Menge des ausgetretenen Blutes ankommt und wieviel von der Hirnoberfläche davon überschwemmt wird, sondern auch darauf, wieviel von dem ausgetretenen Blut wieder aufgesaugt wird und in welcher Zeit dies geschieht, so daß evtl. nur ein vorübergehender Funktionsausfall parallel geht. Bei Geschwülsten und Blutungen sind also die entstehenden Krankheitsherde meist sehr viel größer als die Ausdehnung einer Sprachregion beträgt, und trotz einer evidenten Sprachstörung vermag man am bloßgelegten Gehirn nicht zu entscheiden, von welcher umschriebenen Stelle sie ausgeht. Dazu kommt noch ein weiteres.

Wir wissen, daß die Nervenbahnen im Gehirn sehr gewundene Wege zurücklegen. Zum Teil ist das bedingt durch die frühe Anlage derselben und später folgende Lappen- und Furchenbildung der Hirnoberfläche. So verläuft z. B. eine Bahn im Hirnstamm aufwärts nach dem Stirnhirn zu, kehrt dort aber dicht unter der Oberfläche um und endigt rückwärtsverlaufend in mittleren Teilen des Gehirns. Gesetzt nun den Fall, eine umschriebene Erkrankung des Stirnhirns führe zur Unterbrechung dieser

*) Embolus = Pfropfen.

Bahn, so könnte nach dem Sektionsbefund der Schluß zwingend erscheinen, die Bahn endige im Stirnhirn, was in Wirklichkeit nicht der Fall ist. Die Deutung des tatsächlichen Befundes stellt also sehr hohe Anforderungen an die Kenntnis vom normalen Bau des Gehirns. Das Beispiel ist nicht aus der Luft gegriffen. Behaupten doch neuere Forscher, daß DÉJERINE, der Pariser Gehirnanatom, mit der Angabe seines Lesezentrums einer solchen Täuschung zum Opfer gefallen sei. Für das Lesezentrum liegen die Verhältnisse wie folgt: Der Sehnerv strahlt in den Sehhügel, den seitlichen Kniehöcker und den vorderen Vierhügel ein. (Siehe Fig. 44.) Von da ab ordnen sich die Fasermassen wieder derart zusammen, daß sie in einer fächerförmig nach oben und unten ausgedehnten Schicht dicht an der Außenwand des Seitenventrikels nach hinten ziehen, diese Außenwand gewissermaßen austapezierend. Man nennt diese Schicht deshalb geradezu Tapetum oder Tapetenschicht. Vergegenwärtigt man sich, daß der seitliche Kniehöcker, wo die zentrale Sehbahn im wesentlichen entspringt, dicht an der Medianebene in der Tiefe des Gehirns etwa in Höhe der Insel liegt, daß die sich fächerförmig nach oben und unten ausbreitenden Fasermassen nunmehr dem Hohlraum des Ventrikels ausweichen müssen, indem sie sich schalenförmig wie der Teil einer Hohlkugel mit der Hohlseite dem Ventrikel und mit dem gewölbten Teil der Hirnoberfläche nähern, um nach hinten und unten zu der Fissura calcarina, dem Sehzentrum, zu gelangen, so ist klar, daß eine Verletzung des Gehirns in der Gegend des Lesezentrums von DÉJERINE (Gyrus angularis), wenn der Herd auch nur ein wenig in die Tiefe der Marksubstanz hineinragt, zu einer mindestens teilweisen Zerstörung der Sehbahn führen muß. Es würde ausreichend sein, daß dabei Fasern getroffen werden, die die Verbindung herstellen zwischen der Stelle des schärfsten Sehens im Auge, mit der wir vornehmlich lesen, und dem Sehzentrum, um eine Lesestörung zu erzeugen.

d) Versuch einer Erklärung des Mechanismus der Sprachfunktionen im Gehirn.

Das menschliche Gehirn mit seinen beiden Hemisphären ist ein paariges Gebilde, in welchem die sich symmetrisch entsprechenden Teile durch das gewaltige Kommissurensystem des Balkens miteinander verbunden sind. Das linke Sehzentrum ist also an das rechte, die linke Hörsphäre an die rechte Hörsphäre, die linke vordere Zentralwindung an die rechte vordere Zentralwindung usf. durch Balkenfasern angeschlossen. Nun wissen wir zwar, daß die Sprachfunktionen vorwiegend in der linken Hemisphäre lokalisiert sind,

aber nicht ausschließlich. Es ist von vornherein unwahrscheinlich, daß bei der erwiesenen Ökonomie und zweckmäßigen Arbeitsteilung des Gehirns Bezirke ganz brach liegen. Es verhält sich hier vielmehr so, wie mit der linken und rechten Hand. Beim ausgesprochenen Rechtshänder ist die linke Hand keineswegs untätig oder gar gebrauchsunfähig, aber bei alleinigem Gebrauch der linken Hand erweist sich ihre Geschicklichkeit doch sehr viel geringer. Die Bewegungen sind weniger fein abgestuft, gröber, plumper, daher täppischer, kurzum linkisch. Beim Verlust der rechten Hand ist der Linkshänder am wenigsten geschädigt, der Ambitexter, der die rechte Hand wie die linke gebraucht, weit mehr und am schwersten der Rechtshänder, der mit seiner linken Hand oft nie wieder die Geschicklichkeit seiner früheren rechten erlangt. Genau so verhält es sich mit der Verteilung der Sprachfunktionen auf die linke und rechte Hemisphäre, wobei die linke Hemisphäre die führende Rolle hat und der rechten nur eine unterstützende Bedeutung zukommt. Alle Erfahrungen aber laufen darauf hinaus, daß die innere Sprache, deren Wesen in der Assoziation des sprachlichen Ausdrucks mit den Begriffen sowie der Beziehung von Namen auf Personen und Sachen besteht, nur an eine, in den weitaus meisten Fällen die linke Hemisphäre gebunden ist, daher sind die Verletzungen der linken Hemisphäre in bezug auf den Funktionsausfall immer schwerer als die der rechten. Auch ist es eine bekannte Tatsache, daß die Folgen einer Verletzung um so verheerender sind, je weiter der Funktionserwerb für den betroffenen Hirnteil in der Entwickelung der Geschlechter oder des Einzelwesens zurückliegt. In diesem Sinne sind Wortklangbild und die Fähigkeit des Sprechens ein sehr viel älterer Menschenerwerb als das Schreiben und Lesen. Jahrtausende hindurch sind die Völker ohne Schriftsprache ausgekommen, und auch bei jedem einzelnen Menschen vergehen Jahre, ehe er durch die Schulbildung Kenntnis von der Herstellung und Wiedererkennung von Schriftzeichen erlangt.

Nehmen wir einmal an, bei einem Menschen seien die linke Hörsphäre und deren nächste Umgebung erkrankt oder durch Verletzung zerstört worden!*) Was sind in einem solchen Falle für Sprachstörungen zu erwarten? Sicher sehr schwere! Einmal haben wir es in der Hörsphäre mit einem generell und individuell sehr frühzeitig angelegten, im Sinne der Entwickelungsgeschichte sehr alten Zentrum zu tun, und die jüngeren Sprachzentren werden in Mitleidenschaft gezogen werden, wie etwa die oberen

*) Sensorische oder amnestische Aphasie.

Stockwerke die Erschütterungen der Grundfesten des Hauses verspüren und mit ihnen zusammenbrechen. Am stärksten wird das Sprechzentrum die Schädigungen mitempfinden, über dessen intensiven Anschluß an das Hörzentrum nach dem bereits Gesagten kein Zweifel mehr bestehen kann. Zum anderen ist aber gerade das Wortklangbild für das Zustandekommen der »inneren Sprache«, wie bereits dargelegt, überhaupt von ganz fundamentaler Bedeutung. Keinesfalls wird aber Taubheit entstehen, da wir schon wissen, daß der Hörnerv sich partiell kreuzt, teils also nach der rechten, teils nach der linken Hemisphäre verläuft. Dagegen muß Schwerhörigkeit eintreten, und zwar rechts mehr als links, weil die Mehrzahl der Fasern gekreuzt, die geringere Zahl ungekreuzt verläuft. Weiß man nun, wie das Räderwerk der Sprachfunktionen im Gehirn ineinandergreift, so kann man alle weiteren Folgen der oben angenommenen Erkrankung vorhersagen. Diese Tatsache soll benutzt werden, um auf umgekehrtem Wege durch das Studium und die Erklärung der Folgen einer Sprachzentrenstörung hinter den komplizierten Mechanismus zu kommen, der den Sprachfunktionen zugrunde liegt. Man höre und staune nämlich, welche Symptome ein Krankheitsherd in der Hörsphäre hervorbringt. Der Patient leidet an Paraphasie, Echolalie, Logorrhoe, Perseveration, Wortamnesie — — und zwar in ausgesprochenem Maße.

Wie ist das zu erklären?

Der Schall des gesprochenen Wortes wird vom Ohr aufgenommen, vom Hörnerv weitergeleitet und kommt als Wortklangbild im Hörzentrum des Gehirns zum Bewußtsein. Wegen des intensiven Anschlusses der Hörsphäre an das Sprechzentrum wird eine Erkrankung der ersteren auch das letztere stark in Mitleidenschaft ziehen. Es hängt dies mit der Reizweiterleitung akustischer Eindrücke über die Hörsphäre nach dem Sprechzentrum hin zusammen, die, wie aus dem Zwang zum Nachsprechen hervorgeht, ohne Zweifel besteht. Zahlreiche und plötzliche Leitungsunterbrechungen von der Hörsphäre her müssen daher auf die motorische Region wie ein Nervenshock wirken und dieselbe in einen Zustand höchster Reizbarkeit versetzen. Minimale Reize genügen alsdann, um förmliche Entladungen von Sprechbewegungen hervorzubringen. Für solche Reize ist aber der Kranke noch empfänglich, weil er vermittels seiner rechten Hörsphäre Wortklänge, die das linke und rechte Ohr aufnehmen, psychisch auswerten kann. Wenn auch nicht mehr so gut wie früher, so wird er es doch noch tun können und im Laufe der Zeit durch Übung immer besser erlernen. Die Wirkung einer etwa an ihn gerichteten Frage wird nun die sein, daß infolge der

Reizweiterleitung vom rechten Hörzentrum nach dem rechten Sprechzentrum und von da durch Balkenfasern nach dem linken Sprechzentrum der in dem linken Sprechzentrum aufgehäufte Rededrang (Zustand der Reizbarkeit) frei wird und der Kranke auf die geringste Anregung hin sehr gesprächig und schwatzhaft erscheint (Logorrhoe). Er redet und redet ohne Ende — aber was er redet ist alles Unsinn. Er ist nämlich gar nicht imstande, das zu sagen, was er sagen will, weil mit dem Verlust der in der linken Hörsphäre niedergelegten Wortklangbilder eine der wichtigsten Grundlagen der inneren Sprache verloren gegangen ist. Es fallen ihm einfach die Worte nicht ein, die er zum richtigen Ausdruck seiner Gedanken braucht (Wortamnesie)*). Auch rein äußerlich ist seine Rede nichts weniger als korrekt. Buchstabenumstellungen, Wortverdrehungen und Satzverstümmelungen jagen sich förmlich. Fehlt dem Kranken doch zur Kontrolle der Richtigkeit des gesprochenen Wortes das wertvolle Wortklangbild des linken Hörzentrums. Aber der Patient weiß, daß er falsch spricht, und seine langen Reden muten oft an wie ein fortgesetztes Korrigieren. Er benutzt offenbar zur Kontrolle seiner Worte, die ihm wider Willen zu rasch entfliehen, das Wortklangbild der rechten Hörsphäre, und die dabei entstehende Paraphasie ist nur der Ausdruck für die Unbeholfenheit der Direktion der Sprache durch die rechte Hemisphäre.

Fällt man dem Redenden ins Wort, so flicht er unversehens, wenn der Redestrom wieder in Fluß kommt, Satzteile und Redewendungen von dem Gehörten nach Art der Echosprache in sein Kauderwelsch mit ein, und nicht selten geschieht es, daß sich sein Rededrang förmlich erschöpft in fortgesetzter Wiederholung ein und derselben Phrase, wie man gelegentlich auch auf zehn verschiedene Fragen zehnmal ein und dieselbe Antwort erhalten kann, die zwar für die erste Frage richtig, für die übrigen aber perseverierend falsch war. So sicher nun Echolalie und Perseveration Schwächezustände darstellen, die aus der Rückwirkung der Lokalerkrankung auf das ganze Gehirn resultieren, so sicher ist es auch, daß nach Abklingen der Erschöpfungszustände im ersten Stadium echoartiges Nachsprechen gehörter Worte und fortgesetztes Wiederholen und Üben für den Kranken die einzige Möglichkeit darstellen, den Sprachdefekt wieder auszugleichen. Aufmerksam wird er auf das gehörte Wort lauschen, täppisch und linkisch wie

*) Nach dieser Wortamnesie heißt das ganze Krankheitsbild amnestische Aphasie. Nennt man die Krankheit sensorische Aphasie, so will man damit den Gegensatz zur motorischen Aphasie ausdrücklich hervorkehren.

ein Kind wird er es sprechend nachahmen. In demselben Maße wie die alte Willenskraft zurückkehrt, wird er das ungezügelte Spiel des motorischen Apparates zu hemmen wissen und unter dem Einfluß der Aufmerksamkeit wieder regulieren lernen, bis ihm im Laufe der Zeit durch Neuorganisation seiner rechten Hemisphäre evtl. unter Ausnutzung der in der linken Hemisphäre noch vorhandenen Fähigkeiten ein neues Organ für die Sprache zur Verfügung steht. Sache der Naturveranlagung wird es sein, ob die wiedererlangte Sprache gleichwertig ist mit jener, die er früher besessen hat. Die einen werden des rechten Gebrauches der Sprache dauernd beraubt sein, andere werden auf einer gewissen Stufe des Wiedererwerbs für immer haltmachen, und wieder andere werden zu einer so vollkommenen Wiederherstellung ihrer Sprache befähigt sein, daß man später nicht mehr ahnt, wie schwer die überstandene Krankheit war — ganz analog wie der Verlust der rechten Hand den Links- und Rechtshänder verschieden schwer trifft. Zur Vervollständigung des Krankheitsbildes bei einem Sensorisch- oder Amnestisch-Aphasischen mag zuletzt noch ein Originalgespräch*) zwischen Arzt und Patienten dienen, welches förmlich wie eine Ausrenkung des gesamten Wörterschatzes aus dem Intellekt anmuten wird.

»Waren Sie verheiratet?«

»Ich woll Erbe — das war ich nachher, nein.«

»Ich will wissen, ob Sie verheiratet waren?«

»Ja wohl ich habe schon dreimal verheiratet, einmal, zweimal und jetzt dreimal ganz, nu sterbe ich auch wieder, das wollen wir aber nicht, ich habe ja 51 Jahre schon.«

»Was haben Sie für einen Beruf?«

»Jetzig, das ist schon seit mehreren Jahren, das war meine Brude, na von der jetzigen Bruder, das war wieder mein Mannsbruder aus der — von ihr Fluatz — 7, 8, 9 Jahr. Das weistig so genau, mei Fatzen.«

»Wo sind Sie geboren?«

»In Gebausen, jetzt augenblicklich in Leipzig, jetzt sind ich schon aus — macht sich noch wieder — früher war ich bei, wann war es nur? bei Fach, der war damals sei Jahr, sei Jährich, sei Junge oder war ich 5 Jahr.«

»In welchem Jahre sind Sie geboren?«

»Meiner ist schon, hm — 12 — aus dem June, Januar, Februar —

*) Zitiert nach Niessl v. Mayendorf S. 138.

Februar war das, jawohl. Im Januar, zwei Jahr, zehner, zwei Jahr, vor der Monat.«

»Wann ist Ihr Geburtstag?«

»Geburtstag, das is jetzt, ich bin nun schon 91, das war damals den 1. August weg gewesen, wo ich tot war. Aber Gott sei Dank, lebe ich noch, jetzt wollen wir noch nicht tot machen. Gott sei Dank wir möchten noch leben, ich habe ...., gern, ich bin ganz und gar vor Angst gewesen.«

Das Vorstehende mag genügen, um wenigstens einen Totaleindruck davon zu verschaffen, wie sich die sprachlichen Funktionen im Gehirn vollziehen. Um die Einführung zu erleichtern, wurde vorwiegend auf eine Theorie, die Niessl v. Mayendorf, ein Schüler Flechsigs, entwickelt hat, Bezug genommen. Mehrere Theorien zu erörtern und gegeneinander abzuwägen, geht über den Rahmen der hier gewählten Darstellung hinaus und muß der Wissenschaft vorbehalten bleiben.

e) Theorie der funktionellen Eingliederung einer kortikalen Sinnessphäre (Hörzentrum) in die Mechanik des Geisteslebens.

Der Stockholmer Kliniker und pathologische Anatom Henschen hat eine sehr große Anzahl Krankheitsfälle nicht nur jahrelang im Krankenhause beobachtet und auf das Peinlichste untersucht, sondern auch nach dem Ableben der Kranken das Gehirn derselben mikroskopisch durchforscht, in der Absicht, das Geistesleben wenigstens zum Teil als Funktionsleistung des Gehirns zu demonstrieren. Die Ergebnisse, zu denen er letzten Endes gelangt ist, sind nicht nur deshalb interessant, weil er darin vielfach auf die Forschungsergebnisse Flechsigs Bezug nimmt, sondern auch wegen der allgemeinen Gültigkeit, die er ihnen zuschreiben zu können glaubt. Ich wähle absichtlich als Beispiel die funktionelle Eingliederung der Hörsphäre in die Mechanik des Geisteslebens, einmal wegen der fundamentalen Bedeutung des Hörens für die Sprache, und dann auch deshalb, weil darin gleichzeitig der spezielle Fall erörtert wird, wo im Gehirn zwar die Hörsphäre nicht zerstört, aber die nächste Umgebung so weitgehend lädiert ist, daß die Hörsphäre gewissermaßen wie eine einsame Insel unversehrt inmitten des Krankheitsherdes emporragt, so daß das Hörzentrum nur aus seinen assoziativen Verbindungen gelöst, mit dem Hörnerven selbst aber noch intakt verbunden ist. Ein solcher idealer Fall hat hohes wissenschaftliches Interesse, weil an ihm die psychische Eigenleistung eines Sinneszentrums gut zu erkennen sein müßte. Alle akustischen Reize, sagt Henschen,

gelangen durch eine ganz enge Einfallspforte in die Hirnrinde. Diese akustische Aufnahmestation ist identisch mit der von Flechsig zuerst abgegrenzten Hörsphäre im Bereiche der Querwindung der ersten Schläfenwindung. Sie »ist ohne Zweifel eine Rindenfläche, die das Hören vermittelt und die für das Hören unumgänglich notwendig ist, da alle akustischen Reize durch diese Rinde passieren müssen, um als Geräusche spezifischer Art aufgefaßt zu werden. Nicht nur einfachste Töne und zusammengesetzte Harmonien, sondern Geräusche jeder Art und ganz speziell Worte müssen durch die Querwindung hindurch, um zur übrigen Hirnrinde zu kommen und dort gedeutet zu werden.« Die Querwindung ist ein Hörzentrum in jeder Hinsicht. Anatomisch, weil hier die Hörleitung mittels der Hörstrahlung in den Schläfenlappen des Gehirns eintritt, physiologisch, weil hier die primäre Aufnahme (und wahrscheinlich auch die Transformation) der durch die akustischen Reize hervorgerufenen und zum Gehirn geleiteten Energien stattfindet und ihre Zerstörung taub macht, d. h. die Hörreize entweder auslöscht und vernichtet oder ihre Weiterbeförderung zu höheren Zentren verhindert, pathologisch-anatomisch, weil in ihr nach Zerstörung des letzten Gliedes der Hörleitung (Hörstrahlung) degenerativer Zerfall eintritt und umgekehrt Zerstörung der Querwindung eine Degeneration dieser Hörstrahlung nach sich zieht, sowie klinisch, weil beim Menschen der Hörreiz hier aufgenommen wird und ihre Unversehrtheit für das Hören notwendig ist. Ein eigentlich psychisches Zentrum im engeren Sinne ist diese Hörsphäre aber nicht. Würde man sie experimentell aus ihrem Zusammenhang durch Zirkumzision (Umschneidung) so lösen können, daß dabei die Hörstrahlung unverletzt bleibt — und es gibt Krankheitsfälle, die sich diesem fingierten Experiment nähern —, so müßte man folgendes beobachten: »Der Kranke reagiert auf Geräusche, wendet sich um, macht Miene, nickt, aber er gibt durch nichts zu erkennen, daß er die geringste Auffassung von dem Inhalt, der Bedeutung und der Art des akustischen Reizes hat. Ein solcher Kranker erinnert gewissermaßen an den großhirnlosen Hund Goltz', der ohne Hirnmantel reagierte, indem er durch starke Geräusche, Blasen mit Trompete usw., sich von seinem Lager erhob, selbst anscheinend zielbewußte und koordinierte Bewegungen machte usw. Kann man danach im gewöhnlichen Sinne sagen, daß ein Mann mit von der übrigen Schläfenlappenrinde isolierter Querwindung überhaupt noch hört? Ja, das hängt davon ab, was man unter Hören versteht. Eine Art von Hören ist es, aber es wird kein Sinn mit den Geräuschen oder Tönen verbunden. Es muß die einfachste Form der Empfindung von Geräuschen

sein. Es nähert sich bedeutend einer Form von Reflex — es ist eine Art Hirnreflex!« Bildlich gesprochen, erscheint die Querwindung den Schallreizen gegenüber wie eine komplizierte Verteilungsstelle, in der sich die Reizleitung gabelförmig aufteilt, und durch Ventile bzw. Filter dafür gesorgt ist, daß Reizen, die nach der einen Seite abfließen können, der Weg in anderer Richtung verlegt ist. Dieses Aussortieren der aufgenommenen Schallreize ist eine Eigenleistung der Hörsphäre und erfordert wahrscheinlich eine Energietransformation irgendwelcher Art. Für alle ankommenden akustischen Reize erfolgt nämlich in der Querwindung eine Elektion in dem Sinne, daß Sprachlaute das Hörzentrum nur an einer Stelle verlassen können, die die Reizweiterleitung freigibt nach dem hinter der Querwindung gelegenen Abschnitt der ersten Schläfenwindung (Wernickesche Stelle). Man darf deshalb diese Gegend mit Recht als Worthörzentrum ansprechen. In ihm erfolgt eine weitere Transformation und Reizübertragung nach dem Wortsinnzentrum (hinterer Abschnitt der zweiten Schläfenwindung?), dem eigentlichen Sitz der inneren Sprache. Die Wernickesche Stelle ist demnach, ganz wie die Querwindung, »eine Durchgangsstation für Worte, wo also eine gewisse neue Transformation für Wortklänge stattfinden muß, um sie für die höhere psychische Hörauffassung als Worte geeignet zu machen.« Die eigentliche Perzeption liegt in dem Wortsinnzentrum oder noch höher, wo auch die akustischen Erinnerungen aufbewahrt sind und von wo sie sich mit den optischen, taktilen usw. Vorstellungen und Erinnerungen zu Begriffsbildungen assoziieren. Haben dagegen die akustischen Reize die Form reiner Töne, Melodien und Harmonien, so werden sie durch die Querwindung nach einer entgegengesetzten Richtung geleitet und gelangen nach dem vorderen Abschnitt der ersten Schläfenwindung, der als Musikklangzentrum fungiert und nun seinerseits eine Transformation nach dem psychisch höherem hin bewirkt und die Reizweiterleitung nach dem Musiksinnzentrum (Schläfenpol?) hin übernimmt. »Die musikalischen Laute werden in der vorderen Hälfte der ersten Schläfenwindung so umgeformt, daß sie als musikalisch von der psychischen übrigen Fläche aufgefaßt werden können oder von dort durch Assoziation mit verarbeiteten optischen oder taktilen Sinneselementen sich zu neuen psychischen höheren Einheiten verknüpfen können.« Mit anderen Worten: »Es gibt im Schläfenlappen wenigstens drei verschiedene übereinanderliegende Zentren: Das primäre Gehörzentrum, das Wortklangzentrum, das Wortsinnzentrum. Koordiniert mit den zwei letzteren sind das Musikklang- und das Musiksinnzentrum, von deren Lokalisation und genauerer Funktion wir jedoch zurzeit nur wenig

wissen. Die Umgrenzung des Wortlautzentrums dem Wortsinnzentrum gegenüber ist noch unsicher. Das Wortlautzentrum liegt sicherlich in der ersten Schläfenwindung. Die größte Ausbreitung besitzen die Geräusche, die sich wahrscheinlich über den ganzen Schläfenlappen auszubreiten vermögen.

2. Die Sehstörungen.

Das unumstrittenste Gebiet in der Lokalisation der Gehirnfunktionen ist nach Lage und Abgrenzung die Sehrinde. Seinen Grund hat das darin, daß sich das Sehzentrum schon seinem anatomischen Bau nach markant gegen seine Umgebung abhebt. Bei genauem Hinsehen erblickt man auf einem Querschnitt durch das Gehirn innerhalb der Rinde des Hinterhauptes ein feines, weißes Band, den Vicq d'Azyr-schen Streifen. Wo dieser Streifen fehlt, steht die Rinde sicher nicht mit dem optischen Apparat in Verbindung. Fig. 38 läßt ihn als weiße Linie auf einem Sagittalschnitt aus dem Gehirn eines Erwachsenen deutlich erkennen. Nimmt man vollends das Mikroskop zu Hilfe und führt dieses entlang den Zellschichten in der grauen Rinde, so sieht man, daß sich die Sehsphäre geradezu haarscharf von ihrer Umgebung absetzt. An der Grenze der Sehsphäre treten mit einem Schlage dichtere und zahlreichere Zellschichten auf, so daß die nachgewiesen verschiedene Funktion der Sehsphäre und ihrer Nachbarschaft begreiflich erscheint. Den

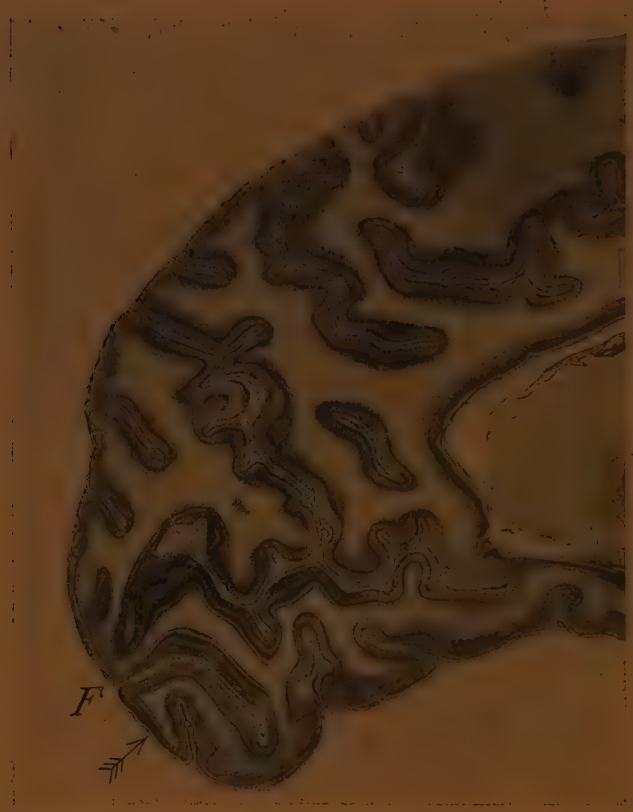


Fig. x. Kaudaler (hinterer) Abschnitt eines Sagittalschnittes aus dem Gehirn eines 52 cm langen neugeborenen Kindes. Durch eine besondere Färbetechnik treten die Zellschichten der Hirnrinde deutlich hervor. *F* = Fissura calcarina. Bei der Pfeilmarke an der Unterlippe der Fissura calcarina plötzlicher Übergang des vielschichtigen Sehrindentypus in eine einfachere Rindenstruktur.

Zweiflern an der Bedeutung solcher sinnenfälliger Tatsachen müßte der Beweis zugeschoben werden, daß trotz der grundverschiedenen Naturanlage der psychische Effekt derselbe ist. Man würde damit vor ein unlösbares Problem gestellt sein, während die Verhältnisse in Wirklichkeit einfacher

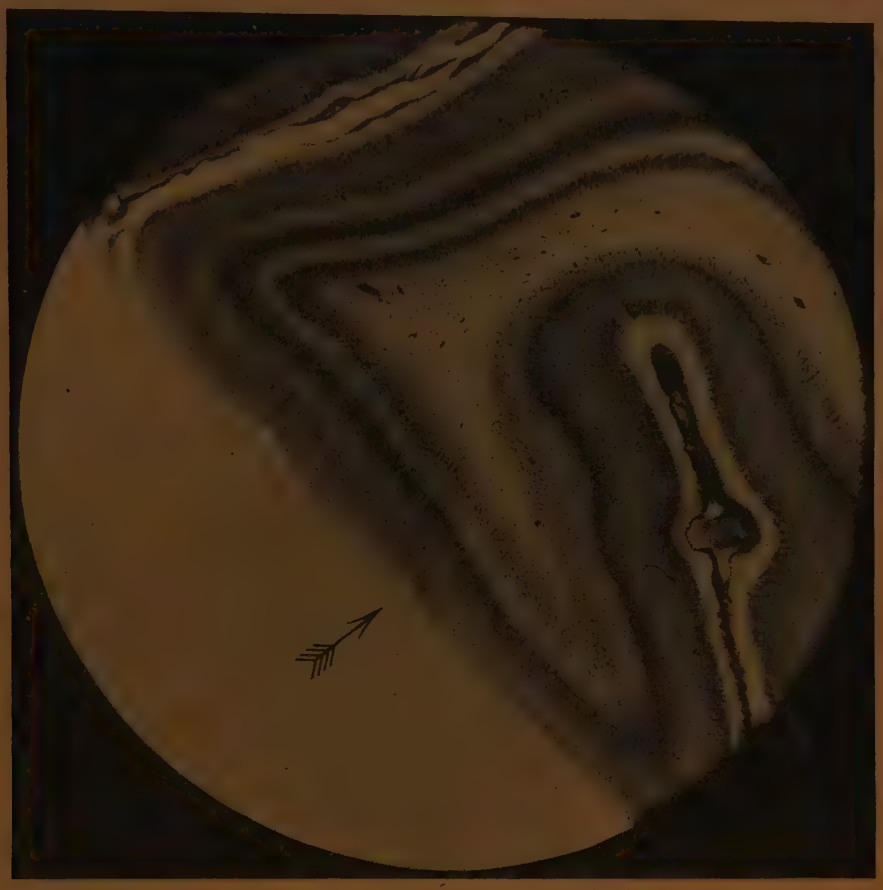


Fig. y. Stärkere Vergrößerung eines kleinen Bezirkes aus Fig. x. Die Rindenschichten lösen sich in Myriaden von Zellen auf. Jedes Pünktchen ist eine Zelle. Bei der Pfeilmarke setzt sich die Sehsphäre haarscharf gegen die Umgebung ab. Der Vicq d'Azyrsche Streifen ist hier nicht mit gefärbt, weil er sich aus einem feinen Faserfilz zusammensetzt. An seiner Stelle sieht man aber ein lichtes Band, welches zwischen den sich gabelförmig aufteilenden Zellschichten liegt.

liegen: Die Sehsphäre bedarf zu ihrer Sonderleistung den spezifischen Bau einer Sinnessphäre. Besonders schön lassen sich die Übergänge einer Rindenstruktur in die andere an großflächigen Zellpräparaten aus dem Gehirn Neugeborener zeigen, weil hier die Zellen noch dicht gedrängt liegen und infolge der Kleinheit der Windungen sich bei schwacher Vergrößerung größere Abschnitte übersehen lassen. Figur x stellt eine Mikrophotographie des hintersten Teiles eines Sagittalschnittes aus dem Gehirn eines 52 cm langen neugeborenen Mädchens dar und Fig. y einen stark

vergrößerten Teil daraus, der die haarscharfe Grenze der Sehsphäre ganz klar erkennen läßt. Nun ist eine in der Hirnpathologie tausend-

Fig. 38. Sagittalschnitt aus der linken Hirnhemisphäre eines Erwachsenen. Natürliche Größe. Die Lippen der Fissura calcarina sind durch eine weiße Klammer markiert.

fach bestätigte Erfahrung die, daß, wenn die Hirnrinde an irgendeiner Stelle zerstört wird, die dort endigenden Nervenfasern langsam absterben

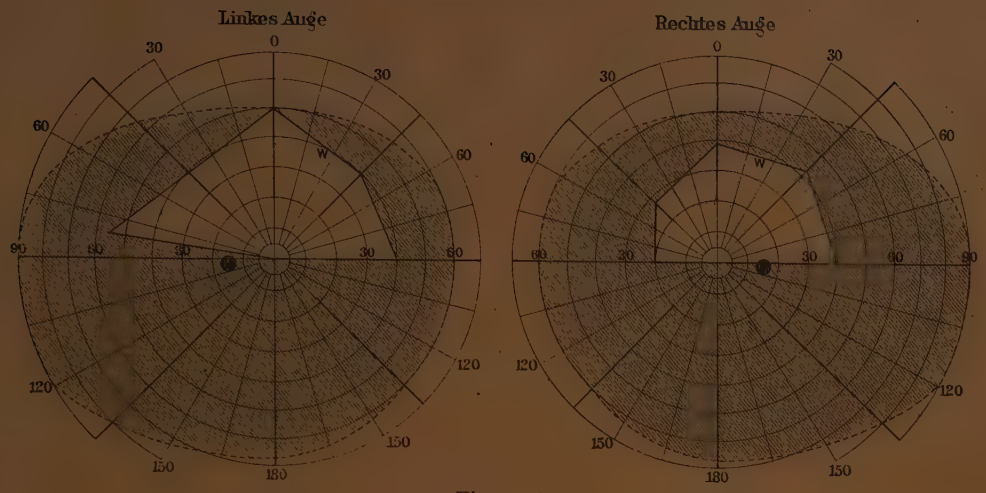


Fig. 39.

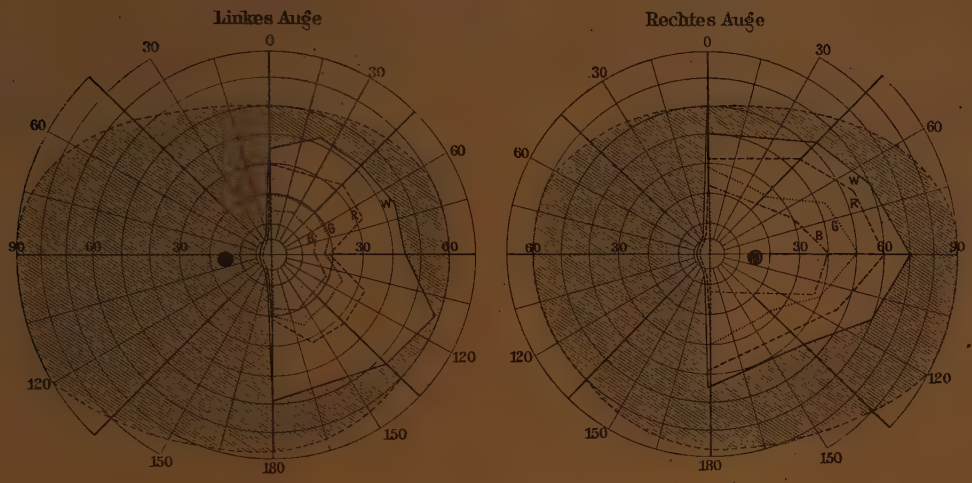


Fig. 40.

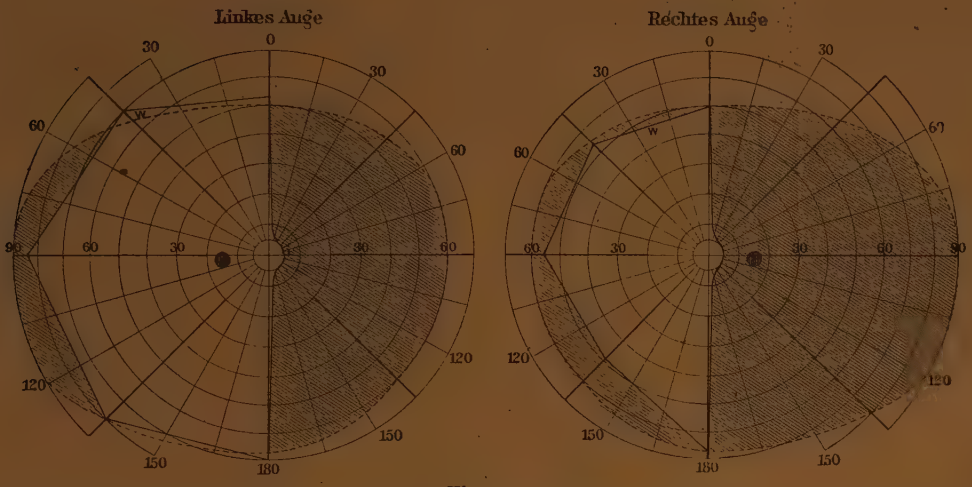
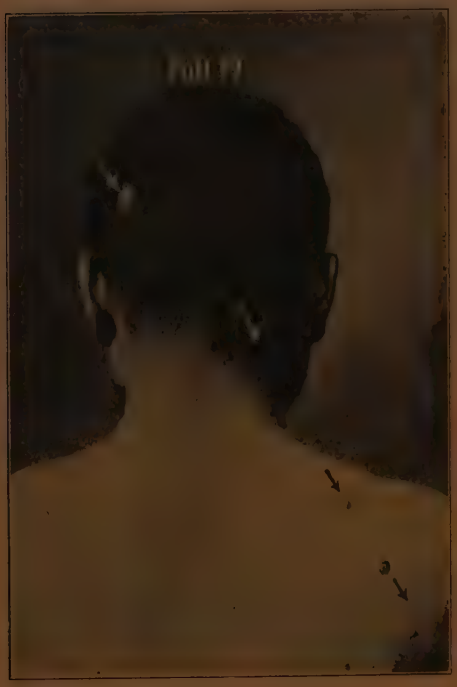


Fig. 41.

Fig. 39, 40 und 41: Sehstörungen bei Schußverletzungen der kortikalen Sehsphäre. Den schraffierten Teilen der Zeichnung entsprechen Ausfälle im Gesichtsfeld, die mit erblindeten Stellen auf der Netzhaut korrespondieren. Nach INOUYE.



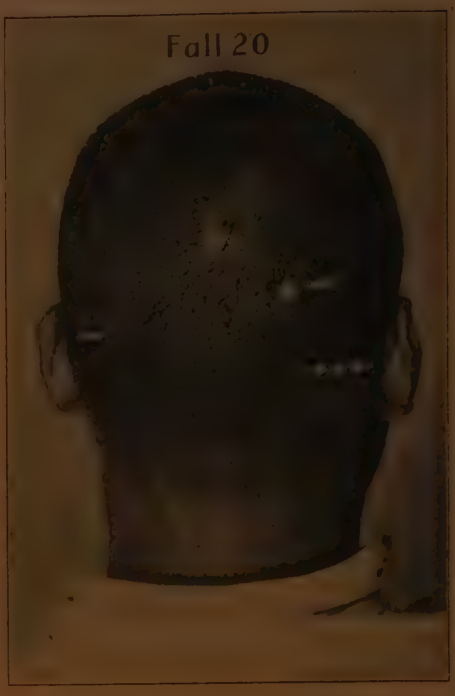


Fig. 42. Schußverletzungen der kortikalen Sehsphäre. Nach Beobachtungen an Verwundeten der letzten Kriege von Inouye.

Fig. 43. Schußverletzungen der kortikalen Sehsphäre. Nach Beobachtungen an Verwundeten der letzten Kriege von INOUYE.

(degenerieren) und zwar fortschreitend vom Krankheitsherd aus bis zu dem entsprechenden Sinnesorgan oder im Rückenmark entlang bis zu jenem Nervenknoten, der die Verbindung mit der Peripherie des Körpers vermittelt. Solche nachträgliche oder sekundäre Degenerationen haben erkennen lassen, daß die Nervenenden im Hintergrunde unseres Auges (Netzhaut) mit erstaunlicher Präzision und Punkt für Punkt den Teilen des Sehzentrums im Gehirn entsprechen und zwar derart, daß den linken Hälften beider Netzhäute die linke Hemisphäre, den rechten Hälften die rechte Hemisphäre, den oberen Hälften beider Netzhäute jederseits die obere Lippe der Fissura calcarina und den unteren Hälften die untere Lippe der Fissura calcarina zugeordnet ist. Wird die Fissura calcarina an ihrer tiefsten Stelle auf dem Furchengrund isoliert verletzt, so entstehen auf der Netzhaut langgezogene, wagerecht verlaufende blinde Stellen (Skotome entlang dem Netzhauthorizont).

Um die in den Figuren 39, 40 und 41 dargestellten Sehstörungen zu verstehen, bedarf es nur noch einer Aufklärung darüber, wie der Augenarzt Gesichtsfelddefekte bestimmt und ferner des Hinweises, daß unser Auge mit einer Linse ausgestattet ist, was zur Folge hat, daß sich die Dinge auf der Netzhaut spiegelbildlich verkehrt und auf dem Kopfe stehend abbilden. Die untere Netzhauthälfte sieht also nach oben, die obere nach unten, die linke nach rechts und die rechte nach links. Beim Aufsuchen von Gesichtsfelddefekten bzw. dem Orte der Hirnverletzung in groben Umrissen läßt sich der Augenarzt mit der überaus schwierigen Untersuchung der Netzhaut gar nicht ein, sondern zeichnet den Sehschaden nach den Angaben des Patienten direkt in ein Schema ein, welches ungefähr der Form des Sehfeldes entspricht und mit einem Auge übersehen werden kann. Sagt der Patient also, daß er nach oben hin blind sei, so wird der obere Teil des Gesichtsfeldschemas soweit schraffiert, wie der Kranke angibt. Es folgt daraus, daß die untere Netzhauthälfte blind ist und daß demzufolge die untere Lippe der Fissura calcarina verletzt sein muß, vorausgesetzt natürlich, daß die Sehstörung überhaupt durch eine Gehirnverletzung zustande gekommen ist. Die Figuren 39, 40 und 41 zeigen solche Sehstörungen bei Schußverletzungen der kortikalen Sehsphäre. Den schraffierten Teilen der Zeichnung entsprechen Ausfälle im Gesichtsfeld, die mit erblindeten Stellen auf der Netzhaut des Augenhintergrundes korrespondieren: Fig. 39 bei vorwiegender Verletzung der oberen Lippe der Fissura calcarina. Deshalb Erblindung der oberen Netzhauthälfte und demzufolge Ausfall im unteren Sehfeld. Fig. 40 bei vorwiegender Verletzung der

rechten Hemisphäre. Deshalb Erblindung der rechten Netzhauthälfte und demzufolge Ausfall des linken Sehfeldes, Fig. 41 bei vorwiegender Verletzung der linken Hemisphäre. Deshalb Erblindung der linken Netzhauthälfte und demzufolge Ausfall des rechten Sehfeldes. Umfangreiches Beobachtungsmaterial in dieser Hinsicht haben neuerdings die Schußverletzungen in den letzten Kriegen geliefert. Die moderne Kriegführung zwingt den Soldaten, im Liegen zu feuern. Wie nun in früheren Kriegen der Gebrauch des Ladestockes jene gefürchteten Achselhöhlenschüsse mit sich brachte, so steht mit der neuzeitlichen Feuertechnik die hohe Zahl von Kopfschußwunden in direktem Zusammenhange; besonders häufig sind Hinterhauptschüsse, die das entlang dem Vicq d'Azyrschen Streifen gelegene Sehzentrum treffen. Sie heilten oft vorzüglich, hinterließen aber meist recht erhebliche Sehstörungen. Die in Fig. 42 und 43 wiedergegebenen Bilder sind dem Werke eines Augenarztes entnommen. Die Lage des Schußkanals ist durch weiße Pfeile markiert. Die deutliche Einengung der Netzhautfunktion durch scharf umgrenzte blinde Stellen beweist deutlich, daß der genau umschriebenen Verletzung der Sehsphäre im Gehirn psychologisch eine ebenso genau umschriebene Ausfallerscheinung in der Raumwahrnehmung entspricht. Gelegentlich hat man aber auch anderorts Sehstörungen infolge von Gehirnverletzungen beobachten können. So hat der Hamburger Arzt Wilbrand solche Fälle gesammelt und sorgfältig beschrieben. Ein klinischer Bericht von ihm sei hier noch angeführt. Eine Dame fiel beim Aufstecken der Gardinen von einer kleinen Leiter nach rückwärts mit der linken Seite des Hinterkopfes in eine Rouleauschraube derart, daß dieselbe die Schädelwand durchdrang und so fest drin stecken blieb, daß sie vom Arzt mit der Kneifzange herausgezogen werden mußte. Es traten Sehstörungen auf, welche die freie Bewegung im Raum zwar nicht erheblich behinderten, sich aber sofort bemerkbar machten, wenn Geschriebenes oder Gedrucktes gelesen werden sollte, also ein schärferes Hinsehen gefordert wurde. Die Untersuchung ergab in jedem der beiden Augen einen kleinen, an korrespondierender Stelle der Netzhaut gelegenen blinden Fleck. Die 13 mm lange Schraube (3 mm im Durchmesser) hatte also trotz des Schutzes der Kopfschwarte doch noch die Hirnrinde erreicht und den Vicq d'Azyrschen Streifen an den Lippen der Fissura calcarina (Fig. 38) verletzt. Andere Symptome traten nicht auf; an den Augen blieb sonst alles normal. Seit 6 Jahren besteht nun dieser Gesichtsfelddefekt unverändert, gleichzeitig ein Beweis, daß wirkliche Ausfallsymptome doch nicht so leicht durch funktionelles Eintreten anderer Gehirnteile ersetzt werden können. Aber noch

eine andere Frage drängt sich uns auf: Wie ist es möglich, daß bei einer nur einseitigen Verletzung, also etwa des linken Sehzentrums, gleichwohl auf beiden Netzhäuten blinde Flecken von ganz entsprechender Lage und nahezu kongruenter Form entstehen? (Vgl. die Gesichtsfeldaufnahmen in Fig. 39, 40 u. 41.) Einer eigentlichen Erklärung bedarf die Erscheinung nach den bisherigen Darlegungen kaum noch. Es genügt, das auf Seite 15 über den Verlauf des Sehnerven Gesagte in Erinnerung zu bringen und alsdann die Sehbahn im ganzen einmal schematisch aufzuzeichnen (Fig. 44). Die Skizze ist dann gleichzeitig auch ein typisches Beispiel für die mehrfache Vertretung der Sinnesfunktionen in den subkortikalen und kortikalen Zentren des Gehirns.

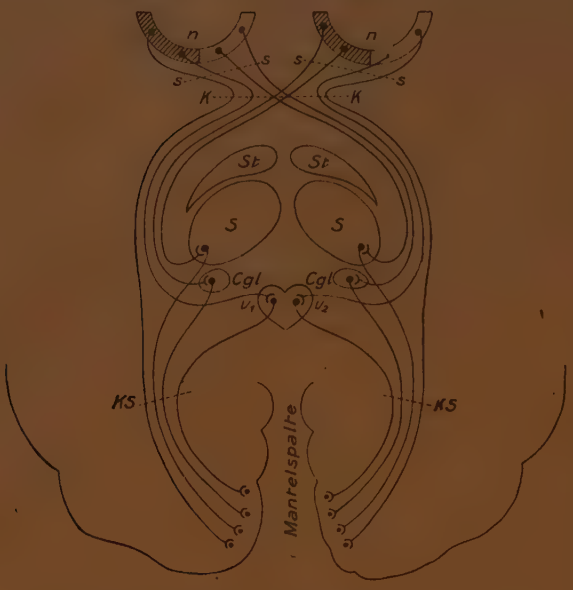


Fig. 44. Die Sehbahn.
n = Netzhaut des Auges, dunkel der Teil, welcher vom linken, hell der Teil, welcher vom rechten Sehzentrum bedient wird. s = Sehnerv, K = Sehnervenkreuzung, S = Sehhügel, St = Streifenhügel, Cgl = Seitlicher Kniehöcker, v_1 und v_2 = Vordere Vierhügel, KS = Kortikale Sehbahn.

3. Die Bewegungsstörungen und die physiologische Parapraxie (natürliche Ungeschicklichkeit) der linken Hand.

Vom Standpunkte der Hirnpsychologie aus erscheint alle Anatomie des Zentralnervensystems sinnlos, wenn sie nicht dazu beiträgt, die Mechanik des Geistes aus dem Gehirnbau zu erklären. Es stand zu erwarten, daß die Kopfschußverletzungen des Krieges in dieser Hinsicht neue Aufschlüsse bringen würden, da es einen irgendwie ins Gewicht fallenden Substanzverlust ohne einen entsprechenden Funktionsausfall nicht gibt. Daß die Defektbestimmung im Einzelfalle schwierig sein kann, leuchtet ein. Das Gehirn hat ausgedehnte Bezirke, die mit der Außenwelt durch Nervenbahnen in keiner direkten Verbindung stehen, es sind dies die »stummen Ecken« des Gehirns. Ein Beispiel für viele: Ein Fabrikbesitzer hatte einen Substanzdefekt im Scheitelhirn erlitten, der ausgeheilt war. Der Arzt fand nichts Krankhaftes mehr an ihm und auch sein Benehmen im Krankenhaus

war normal. In seinen Zivilberuf entlassen, bemerkte die Frau zu ihrem Entsetzen, daß der Mann, der früher der erste und letzte in der Fabrik war, nichts durchgehen ließ und alles am liebsten selbst machte, eine schwere Einbuße an Initiative erlitten hatte. Ohne daß er es scheinbar merkte, ließ er allmählich alle wesentlichen Geschäfte in die Hände des Werkmeisters hinübergleiten und im Berufsleben wurde so offenbar, was der ärztlichen Beobachtung hatte entgehen müssen. Solche Erfahrungen riefen naturgemäß das Bedürfnis nach einer technischen Verfeinerung der ärztlichen Untersuchungsmethode wach, und diese ist erfolgt durch experimentell-psychologische Hilfsmittel. Es entstanden die Sonderabteilungen für Hirnverletzte, denen die Aufgabe zufiel, mit Hilfe der neurologisch-psychologischen Untersuchungsmethode nicht nur den Defekt exakt zu bestimmen, sondern im Interesse der beruflichen Unterbringung auch die erhaltenen Restfunktionen des verletzten Gehirns aufzuzeigen. Diese Kultureinrichtung war so neu und die Untersuchungsmethode so eigenartig, daß es lohnend erscheint, auch diesen Zweig der Gehirnforschung hier wenigstens zu streifen, zumal auf diesem Wege lokalisatorische Aufschlüsse gewonnen worden sind, um deren Kenntnis man sich bisher vergeblich bemüht hatte. Ich beschränke mich auf die Beobachtungen an Rechts- und Linkshänderschrift bei Hirnverletzten als eines Beispiels der Bewegungsstörungen überhaupt.

Bei der Neueinrichtung der Sonderabteilung für Hirnverletzte in Leipzig befand sich unter den Kranken eine Anzahl Zugänge, die rechts gelähmt waren und bereits im Linksschreiben Unterricht erhalten hatten. Keiner der darunter befindlichen Kaufleute verfügte über eine Schreibflüchtigkeit, mit der er die Bureauarbeit in Konkurrenz mit Gesunden hätte wiederaufnehmen können. Sie waren aus dem Linkshänderschreibkursus übereinstimmend etwa mit der Bemerkung entlassen worden: »Wir können nicht mehr tun, als Ihnen die Schriftform beibringen, Sie müssen sich jetzt selbst fleißig üben, um Ihre Schrift zu verbessern.« Erwägt man nun, daß dem guten Arbeitswillen bei Hirnverletzten nicht selten ein hoher Grad von Leistungsschwäche entgegensteht, so leuchtet ein, daß hier eine Schwierigkeit für die wirtschaftliche Wiederunterbringung von Kriegsbeschädigten entstehen mußte. Ärztlicherseits bestand daher ein großes Interesse, die psychomotorischen Funktionen des Schreibaktes erneut zu untersuchen.

In den Apraxiestudien von Liepmann*) steht die zutreffende Bemerkung,

*) Ein Berliner Forscher, der eine besondere Lehre über die Störungen des Handelns (= Apraxie) entwickelt hat.

daß jeder Mensch imstande sei, mit der linken Hand Spiegelschrift zu schreiben. Aus der Überzeugung der Richtigkeit dieser Bemerkung und auf Grund der an Aphasischen gemachten Beobachtungen entstand der kühne Plan, die natürliche Befähigung der linken Hand für Spiegelschrift auszunützen. Beim normalen Menschen ist diese Fähigkeit nicht immer leicht zu demonstrieren. Niemand kann für die Qualität des herzustellenden Spiegelschriftbildes im voraus garantieren, weil uns optische Erinnerungsbilder dafür fehlen. Man schreibe nur einmal eine Anzahl Wörter in Spiegelschrift, und man wird erstaunt sein über die noch nie gesehenen urkomischen und vertrackten Schriftzüge. Aber über einen ideatorischen (kinästhetischen) Entwurf dazu verfügt jeder, und wer es probiert, wird finden, daß es mit der linken Hand besser geht als mit der rechten. Sehr störend wirkt dabei die Gewohnheit, Geschriebenes durch Lesen zu kontrollieren. Dadurch wird das Spiegelschriftschreiben zu einem langsamen synthesierenden Zusammenfügen des Wortes aus einzelnen Buchstaben auf Kosten des einheitlichen Schwunges der Schrift. Woher diese Fertigkeit der linken Hand kommt, war bisher ein Rätsel.

Um der Erscheinung auf den Grund zu gehen, schien es erforderlich, das Experiment einmal in voller Reinheit an erwachsenen Analphabeten zu studieren. Es mußte möglich sein, ihnen Schriftzüge mit der einen Hand beizubringen und bei der Wiederholung durch die andere Hand zu sehen, wie die Reproduktion nunmehr ganz unabhängig von der Schwerleserlichkeit des Spiegelbildes und dem buchstabierenden Zusammensetzen des Wortes aus seinen Teilen erfolgt. Dazu bot sich sehr bald die Gelegenheit. Wegen Platzmangels auf anderen Abteilungen wohnte auf der Station ein Leichtverwundeter, der ambulant die Ohrenstation besuchte. Er war Seiltänzer von Beruf und hatte, mit dem Zirkus des Vaters umherwandernd, nie eine Schule besucht. Dabei erwies ihn die Intelligenzprüfung als einen ganz geweckten Menschen.

Ein Volksschullehrer wurde beauftragt, den Analphabeten an der Hand einer Fibel nach der Methode der Normalwörter zu unterrichten. Der Analphabet lernte innerhalb einer Woche bei mehrstündigem Unterricht die acht folgenden Hauptwörter lesen und schreiben: Hut, Esel, Rose, Rabe, Eule, Ofen, Hof, Rosa. Bei der experimentellen Prüfung kamen die in Fig. a wiedergegebenen Schriftproben zustande.

Der Mann erhielt den Auftrag, eine Zeile von einem der gelernten Wörter, nämlich dem Worte Ofen, zu schreiben und entledigte sich dieser

Aufgabe ganz glatt in normaler rechtshändiger Abduktionsschrift.*) Er wurde nunmehr aufgefordert, den Federhalter einmal in die linke Hand zu nehmen und noch eine Zeile von diesem Worte zu schreiben. Er kam der Aufforderung nach, indem er flugs mit der Feder an das rechte Ende der Zeile ging und ganz glatt und mit derselben Geschwindigkeit linkshändige Spiegelschriftbilder von dem Worte Ofen reproduzierte. Darauf aufmerksam gemacht, daß das doch ganz verkehrt sei, stutzte er und wollte den Fehler nicht recht begreifen. Erst bei der Auf-

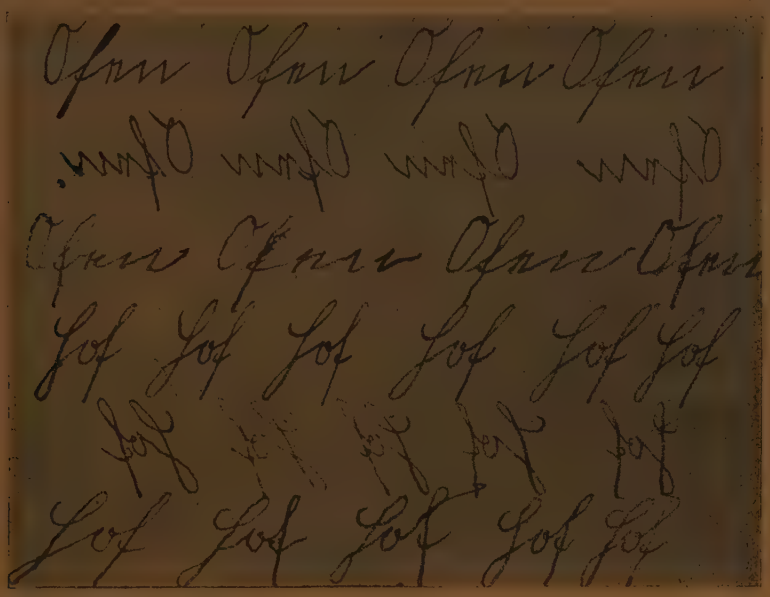


Fig. a. Die ersten Schreibversuche eines erwachsenen Analphabeten. Zeile 1 und 4 normale Rechtshänderschrift (rechtshändige Abduktionsschrift). Zeile 2 und 5 Reproduktion der rechtshändig erlernten Wortbilder in linkshändiger Spiegelschrift (linkshändige Abduktionsschrift, d. h. es wurde am rechten Zeilenende begonnen und in der Richtung von rechts nach links geschrieben). Zeile 3 und 6 dieselben Wortbilder mit der linken Hand geschrieben (linkshändige Adduktionsschrift, d. h. normal von links nach rechts). Die letzte Zeile zeigt im 2. und 3. Wort Hof etwas ganz Charakteristisches. Infolge einer typischen Entgleisung der linken Hand hat der Buchstabe f eine zur Schriftlage nahezu symmetrisch entgegengesetzte Stellung angenommen.

forderung, das Geschriebene der zweiten Zeile einmal vorzulesen, bemerkte er die Unstimmigkeit, griff zum Federhalter, setzte nunmehr am linken Ende der Zeile an und schrieb sehr viel langsamer, sich mühsam quälend, in zittriger, von ausfahrenden Bewegungen begleiteter, normaler Linkshänderschrift die dritte Zeile. Der Versuch fiel eindeutig auch für die übrigen Hauptwörter aus.

Mit anderen Worten: Ein Mann, der weder lesen noch schreiben

*) Abduktion = Bewegungsrichtung vom Körper weg, Adduktion = Bewegungsrichtung auf den Körper zu.

kann, erhält rechtshändigen Schreibunterricht und reproduziert mit der linken Hand sofort das Spiegelbild der ihm rechtshändig beigebrachten Schrift. Die linke Hand verrät dabei nichts, was man an ihr sonst linkisch und täppisch nennt. Die Bewegungen sind leicht, rasch, zielsicher und in ihrer Gesamtheit gut koordiniert. Dabei ist dem Mann der Begriff des Spiegelschriftbildes völlig fremd. Bei der linkshändigen normalen Adduktionsschrift tritt die Unbeholfenheit der linken Hand evident zutage. Die Schrift ist langsam, zielunsicher und von ausfahrenden Bewegungen begleitet.

Bemerkenswert ist noch, daß der Mann im Unterricht vom Lehrer als ein guter Schüler angesprochen wurde. Er faßte nicht nur die Formen rasch auf, sondern hatte auch das, was man im Schreibunterricht eine »leichte Hand« nennt. Die Feder wurde sehr locker gehalten und flüchtig über das Papier geführt, eine der wichtigsten Voraussetzungen für das Zustandekommen einer guten Handschrift*).

Das rechtshändige Schreiben wurde nunmehr eingestellt und der Mann darüber belehrt, daß der Fortschritt vielleicht ein besserer sei, wenn man gleichzeitig auch mit der linken Hand schreiben lerne. Um das zu erreichen, dürfe er in der nächsten Zeit die rechte Hand unter keinen Umständen mehr zum Schreiben benutzen. Es zeigte sich sofort, daß das Linksschreiben sehr erschwert war. Keinesfalls bestand eine Erleichterung für die Darstellung der Buchstaben, die bereits mit der rechten Hand erlernt worden waren. Im Gegenteil hatte man den Eindruck, daß sie viel mehr Mühe machten als Schriftzüge, die für den Analphabeten ganz neu waren und zum erstenmal geübt wurden. Ganz allgemein stellte sich der Mann ungeschickt an, hielt trotz fortgesetzter Belehrung den Halter ziemlich fest und verriet in der Schrift deutlich die »schwere Hand«. Die experimentelle Prüfung nach 8 Tagen führte zu den in Fig. b wiedergegebenen Schriftproben.

Die Zeilen 1, 4 und 7 wurden in normaler linkshändiger Adduktionsschrift geschrieben, die Zeilen 2, 5 und 8 anstandslos und in gleichem Tempo von rechts nach links in rechtshändiger Adduktionsspiegelschrift und die Zeilen 3, 6 und 9 in wesentlich langsamerem Tempo in normaler Abduktionsschrift. Mehr war von vornherein von dem Experimente nicht zu erwarten; denn man muß berücksichtigen, daß der Analphabet vorher

*) Krampfhaftes Festhalten des Werkzeuges gilt in allen Berufen als ein Zeichen hoher Ungeschicklichkeit. Selbst der schwere Schmiedehammer »spielt« in der Hand des Meisters.

bereits Schriftzüge mit der rechten Hand geübt und inzwischen auch wesentliche Fortschritte im Lesen gemacht hatte.

Mit anderen Worten: Mit der linken Hand erworbene Schriftbilder können mit der rechten Hand geläufig spiegelbildlich reproduziert werden. Dagegen erscheint das Schreiben der in Linkshänderschrift erworbenen Wortbilder in landläufiger Rechtshänderschrift merklich verlangsamt.

Ganz überraschend war aber nun die Tatsache, daß nach Wiederaufnahme des rechtshändigen Schreibunterrichts der gute Schüler in einen schlechten verwandelt erschien. Der Mann faßte jetzt auch mit der rechten Hand den Halter krampfhaft fest, und es fiel ihm sichtlich schwer, die einheitliche Schriftlage der Buchstaben festzuhalten und Haar- und Grundstrich zu unterscheiden. Der Lehrer faßte sein Urteil in die Worte zusammen: »Der Mann hat sich mit dem Linkshänderunterricht die ganze Schrift verdorben.« Mit der Charakterveranlagung des Mannes, daß er unter dem Reiz der Neuheit einen guten Anlauf genommen und später abgefallen sei, hatte die Erscheinung sicher nichts zu tun, denn im Laufe des Unterrichts wurde die Störung behoben, und der Mann hat heute wieder seine leichte, schreibflüchtige Hand. Diese plötzlich auftretende und allmählich wieder abklingende Störung war ganz auffällig.

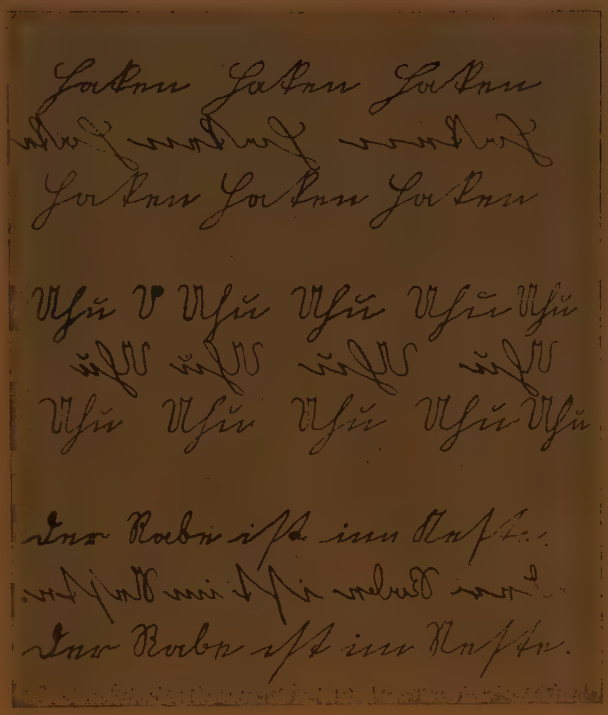


Fig. b. Reproduktion linkshändig erworbener Schriftbilder durch die rechte Hand. Zeile 1, 4 und 7 linkshändige Adduktionsschrift (von links nach rechts). Zeile 2, 5 und 8 rechtshändige Adduktionsspiegelschrift (von rechts nach links). Zeile 3, 6 und 9 rechtshändige Abduktionsschrift (normal von links nach rechts).

Mit anderen Worten: Während bei Übung der einen Hand ein latentes Mitüben der anderen Hand für symmetrisch entgegengesetzte und daher spiegelbildlich verkehrte Bewegungen erfolgt, wird dadurch gleichzeitig eine Hemmung in dem Sinne gesetzt,

daß nunmehr gleichsinnig gerichtete Bewegungen erschwert vonstatten gehen.

Nachdem diese fundamentale Gesetzmäßigkeit — das Verhängnis aller Ambidexterschulen — einmal aufgedeckt worden war, hielt es nicht schwer, ihre Gültigkeit an zahlreichen weiteren Beobachtungen zu erweisen.

Auf der Station fanden sich mehrere Rechtsgelähmte, die linkshändige Steilschrift erlernt hatten, allmählich aber zu einer sehr stark nach links geneigten Schriftlage (sog. Sturzschrift) übergegangen waren. Diese Schriftlage scheint eine Erleichterung des Linksschreibens darzustellen, da man sie bei Autodidakten, die noch keinen Linksschreibkursus genommen haben, immer wieder vorfindet. Es stand prinzipiell nichts mehr im Wege, diese auffallende Schriftlage aus der symmetrisch entgegengesetzten, durch Rechtshänderschrift erworbenen zu erklären und in diesem Falle noch eine gewisse indirekte Abhängigkeit von rechtshändiger Schreibgepflogenheit zu erblicken. Die Richtigkeit dieser Annahme konnte sehr bald auch experimentell erwiesen werden.

Ein rechtsgelähmter Kaufmann mit linkshändiger Sturzschrift, der sich früher geweigert hatte, nochmals an einem Kursus zur Schriftverbesserung teilzunehmen, weil ihm seine Schrift ganz gut gefiel, nahm einen Schnellschreibkursus mit lediglich aus dem Grunde, weil er viel zu langsam, etwa viermal langsamer als ein schreibgewandter Rechtshänder, schrieb. Es war verabredet worden, die alte nach links übergeneigte Schriftlage beizubehalten. Wider Erwarten erwies sich das aber als unmöglich. Mit zunehmender Geschwindigkeit im Schreiben richtete sich die Schrift von selbst auf. Der Kaufmann hatte in der alten Sturzschrift 16 Silben in der Minute geschrieben. Bei 24 Silben in der Minute war es Steilschrift geworden, und bei 35 Silben in der Minute unterschied sich die Schriftlage in nichts mehr von der landläufigen Rechtshänderschrift. Das Phänomen war eine Zeitlang so eindringlich, daß man an der Niederschrift mehrerer Sätze schon alle 3 Schriftlagen provozieren konnte, wenn man dem Manne nur den Auftrag gab, in nach links geneigter Schrift nach Diktat zu schreiben und dabei zunehmend rascher diktierte. Die ersten Worte lagen dann nach links geneigt, die nächsten Worte standen steil und das Ende war in rechtsgeneigter Schrägschrift geschrieben. Die Schriftprobe in Fig. c ist so entstanden. Beweisend für die Spontaneität der Erscheinung war der Umstand, daß die Schrift bei langsamem Schreibtempo von selbst wieder in die Sturzschriftlage überging und umgekehrt jede Schnellschrift mit Sturzschrift einsetzte, um erst nach einer kurzen Zeit der Einarbeitung

nach rechts umzuschlagen. Ganz charakteristisch ist deshalb die letzte Zeile der Probeschrift in nach links geneigter Schrift wiedergegeben, eben weil hier nicht mehr diktiert wurde und der Pat. sich Zeit nehmen konnte*). Die zunehmende Vervollkommnung der Schrift durch diesen Lagewechsel ist gar nicht zu verkennen, und offenbar war auch für den Kaufmann damit erst der letzte Rest störenden Einflusses durch die früher rechtshändig geübte Schrift beseitigt und die linke Hand nunmehr vollkommen frei und unabhängig geworden.

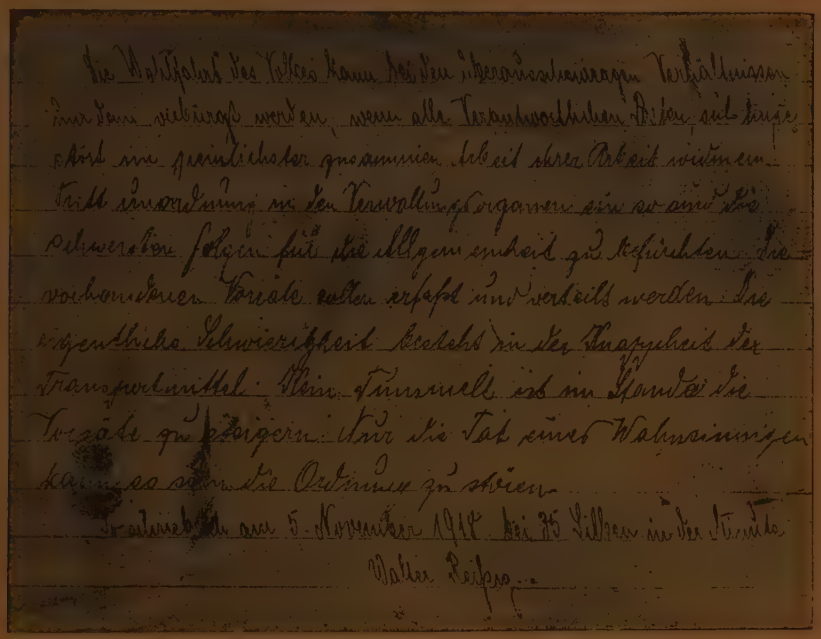


Fig. c. Von der Schnelligkeit des Schreibtempos abhängiger Lagewechsel der Linkshänderschrift bei einem rechtsgelähmten Hirnverletzten. Der Kranke beginnt langsam schreibend und schreibt zunehmend schneller. Konsequent geht dabei die links übergeneigte Sturzschrift in Steilschrift und weiterhin in nach rechts geneigte Schrägschrift über.

Mit anderen Worten: Die Steilschrift- und Sturzschriftlage stellt für das Erlernen der Linkshandschrift nur eine vorübergehende Erleichterung dar und ist für die ausgeschriebene Handschrift vollkommen belanglos.

Besonders leicht läßt sich weiterhin die linke Hand in ihrer Abhängigkeit von der rechten Hand bei beidhändigen Bewegungen studieren. Die Erfahrung, daß die linke Hand um so linkischer, je ausgeprägt rechts-

*) Die ganze Erscheinung trug natürlich nur transitorischen Charakter. Infolge der guten Mühegebung war die Schrift sehr bald so gebessert, daß sie sich ganz unabhängig vom Schreibtempo in nichts mehr von der normalen Rechtshänderschrift unterschied.

händiger der Mensch ist, ist allgemein. Aber doch ist es kein Kunststück, mit beiden Händen gleichzeitig symmetrische Figuren so herzustellen, daß die rechte Hand die rechte Hälfte und die linke Hand die linke Hälfte zeichnet. Das bringt jeder. Viel schwerer ist es, mit beiden Händen gleichzeitig ein und dieselbe Figur zu zeichnen, so daß die Bewegungen parallel gerichtet sind. Die linke Hand steht dabei in ihrer Leistung hinter der rechten zurück. Sehr schön sieht man das, wenn man, in jeder Hand ein Stück Kreide, an einem gemeinsamen Punkte ansetzend, gleichzeitig in seitlich auseinandergehender Abduktionsschrift einen Buchstaben schreibt,

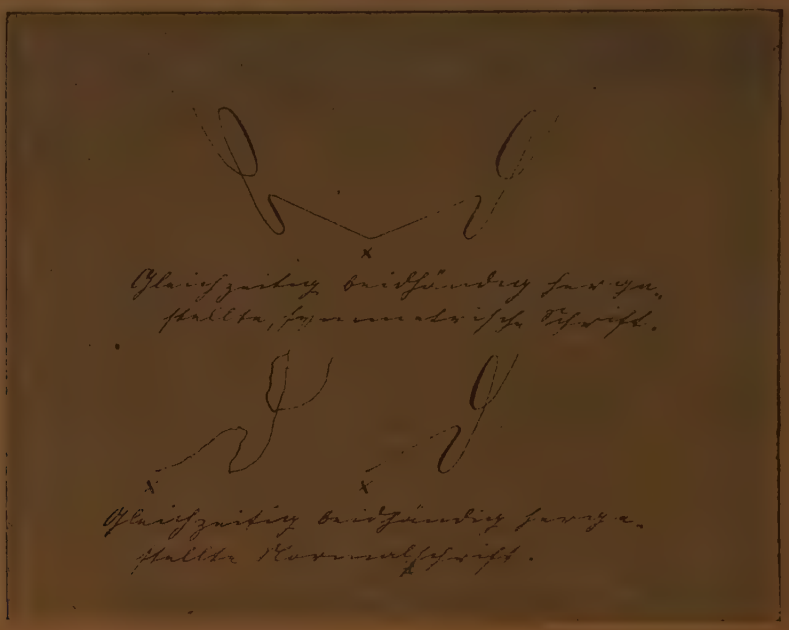


Fig. d.

so daß also der mit der linken Hand geschriebene spiegelbildlich verkehrt erscheint, z. B. Fig. d oben. Das ist leicht auszuführen, und in dem Bilde ist nichts Ungeschicktes enthalten. Evident wird aber die Ungeschicklichkeit der linken Hand sofort, wenn man mit beiden Händen gleichzeitig in normaler Schriftlage zu schreiben versucht. Das Schriftbild der linken Hand fällt dann immer sehr viel schlechter aus, z. B. Fig. d unten. Tonleitern auf dem Klavier werden, wenn man mit beiden Daumen auf gemeinsamer Taste beginnt, in Gegenbewegung sehr viel leichter gespielt als bei Oktavenabständen in Parallelbewegung. Stellt man die beiden Zeigefinger wie bei dem bekannten Fingerfingerversuche gegenüber und versucht im raschen Wechsel die Finger zu nähern und wieder voneinander zu entfernen, so

kommt man auch bei dem schnellsten Tempo nicht aus dem Takte. Das geschieht aber sofort, wenn man Abduktion oder Supination*) der einen Hand mit entsprechender Adduktions- oder Pronationsbewegung der anderen Hand in schnellem Wechsel zu kombinieren versucht. Die linke Hand bleibt zurück, offenbar in der Tendenz, sich in entgegengesetzt symmetrischer Bewegungsrichtung einzustellen. Solche beidhändigen Bewegungsversuche zeigen aber auch, daß bei weitem nicht alle Bewegungsformen an der Erleichterung bei Ausführung in entgegengesetzter Richtung teilnehmen. Ausgenommen sind z. B. Flexion**) und Retroflexion im Handgelenk, Beugen und Strecken der Finger usw., d. h., es handelt sich bei den bevorzugten Bewegungen im wesentlichen nur um die entgegengesetzte Richtung der seitlichen Symmetrie.

Mit anderen Worten: Auch im alltäglichen Leben werden beidhändige Bewegungen in symmetrisch entgegengesetzter Richtung infolge latenter und sich unbewußt gegenseitig unterstützender Mitübung sehr viel leichter ausgeführt als beidhändige gleichsinnig gerichtete Bewegungen, bei denen zwar auch ein latentes gegenseitiges Mitüben erfolgt, aber praktisch nicht nur nicht ausnutzbar ist, sondern sogar als Hemmung wirkt.

Es entstand nun die ebenso interessante wie schwierige hirnlokalisatorische Frage, von welcher Hemisphäre wohl die unzweifelhaft vorhandenen einseitigen Hemmungen bei Übung kontralateraler Bewegungen ausgehen könnten. Bei Rechtshändern doch wohl mit großer Wahrscheinlichkeit von der linken Hemisphäre. Gestützt wurde diese Annahme durch Beobachtung von Fällen ganz auserlesener linkshändiger Schreibgewandtheit einerseits und ungewöhnlicher linkshändiger Schreibschwerfälligkeit andererseits bei rechtsgelähmten Hirnverletzten. Im Linkshänderunterricht hatte sich nämlich herausgestellt, daß relativ leicht Hirnverletzte sich im Unterricht äußerst schwerfällig anstellten, während umgekehrt sehr schwer Rechtsgelähmte außergewöhnlich gute Fortschritte machten. Keinesfalls ging die Schwere der Rechtslähmung mit vermehrter Ungeschicklichkeit der linken Hand parallel. Eher das Gegenteil schien der Fall zu sein. Es sei ausdrücklich bemerkt, daß es sich dabei immer um ausgesprochene, frühere Rechtshänder handelte und Apraxie, d. h. sonstige Unbeholfenheit im Handeln nicht zu erweisen war.

*) Supination = Nachaußendrehung, Pronation = Nachinnendrehung.
**) Flexion = Beugung, Retroflexion = Streckung.

Fall 1. W., Kaufmann von Beruf. 10 cm langer, 3 cm breiter parallel zur Medianebene verlaufender, etwa 2 Finger breit von der Medianebene entfernter Rinnenschuß auf dem linken Scheitelbein, der nach vorn anscheinend bis an die Kronennaht heranreicht.

Schwere chirurgisch erwiesene Hirnverletzung.

Eigenbericht des Patienten: »In den ersten Tagen nach der Verwundung war ich bewußtlos. Später hat mich die Schwester gefüttert. Mit dem Gebrauch der linken Hand habe ich keine Not gehabt. Erst ging die Sache natürlich etwas schwerfällig, aber es richtete sich sehr rasch ein. Ich kann mich z. B. nicht entsinnen, einmal Essen verschüttet oder die Serviette beschmutzt zu haben. Sobald ich mich im Bett aufrichten konnte, habe ich das Schreiben von selbst gelernt. Ich habe dabei herausgefunden, daß es leichter geht, wenn man die Schrift etwas nach links überkippt. Ich war ausgesprochener Rechtshänder, mache aber mit der linken Hand jetzt alles wieder so wie mit der rechten.«

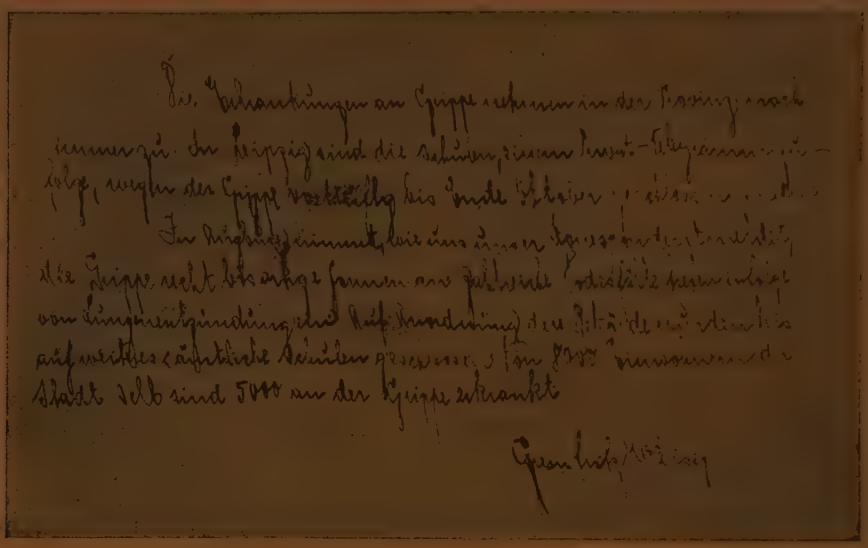


Fig. e. Nach links geneigte Sturzschrift eines Autodidakten (rechtsgelähmter Hirnverletzter).

Patient schreibt nach links übergeneigte Sturzschrift, etwa 20 Silben in der Minute. Die Schrift ist leserlich, gleichmäßig ausgeschrieben und könnte beibehalten werden, wenn das Schreiben schneller vonstatten ginge. Vgl. die Schriftprobe Fig. e.

Fall 2. R., Kaufmann von Beruf. $6 \times 1\,^1/_2$ cm große Trepanationsöffnung in der Mitte des linken Scheitelbeines. Schwere Hirnverletzung chirurgisch erwiesen.

Eigenbericht des Patienten: »Ich war viele Tage bewußtlos und mußte in der ersten Zeit gefüttert werden. Ich bin immer Rechtshänder gewesen. Eine besondere Ungeschicklichkeit meiner linken Hand ist nach der Verwundung nicht zutage getreten. Ich war mehr ungeübt als ungeschickt. Ich habe gleich richtig essen können und nie etwas verschüttet. Sobald ich mich aufrichten konnte, habe ich von selbst mit dem Schreiben begonnen. Das ist mir nicht schwer geworden. Über die Schriftlage hat mich niemand belehrt. Die hat sich im Laufe der Zeit von selbst nach links übergeneigt.«

Pat. schreibt ausgeprägte, nach links übergeneigte Sturzschrift, 18 Silben in der Minute. Von ihm stammt die Schriftprobe in Fig. c. Er fällt mit der Geschicklichkeit seiner linken Hand aus dem Rahmen des Gewöhnlichen sichtlich heraus.

Fall 3. W., Versicherungsbeamter von Beruf. In der Mitte des linken Scheitelbeines in der Gegend der Zentralfurche markstückgroße Trepanationsöffnung. Die Dura wurde bei der Operation unverletzt vorgefunden.

Eigenbericht des Patienten: »Ich bin nicht bewußtlos gewesen. Sie machen sich gar keine Vorstellung, wie hilflos ich mit der linken Hand war, ich konnte die linke Hand gar nicht gebrauchen. Wenn ich essen wollte, schüttete ich alles daneben, und auf der Serviette lag mehr, als ich in den Mund bekam. Mit Schreiben habe ich erst begonnen 6 Monate nach der Verwundung, als ich längst auf war. Ich dachte immer, die rechte Hand sollte sich noch bessern. Ich habe an einem Linksschreibkursus teilgenommen. Das Schreiben fiel mir sehr schwer. Der Fortschritt war sehr langsam. Ich konnte die Schrift trotz meines guten Willens nicht verbessern. Mein Lehrer sagte: ‚Die Buchstaben habe ich Ihnen beigebracht, mehr kann ich nicht tun.‘ Während ich früher als Versicherungsbeamter eine ausgeschriebene Handschrift hatte, ist meine linke Hand jetzt schwer und schreibt dick und klecksig. Ich hätte nicht gedacht, daß die linke Hand so ungeschickt sein könnte. Das ist aber erst durch die Verwundung so geworden. Es wäre mir sonst aufgefallen. Mein Zustand hat mich oft der Verzweiflung nahegebracht, weil ich in meinem Berufe auf eine flüchtige Handschrift angewiesen bin.«

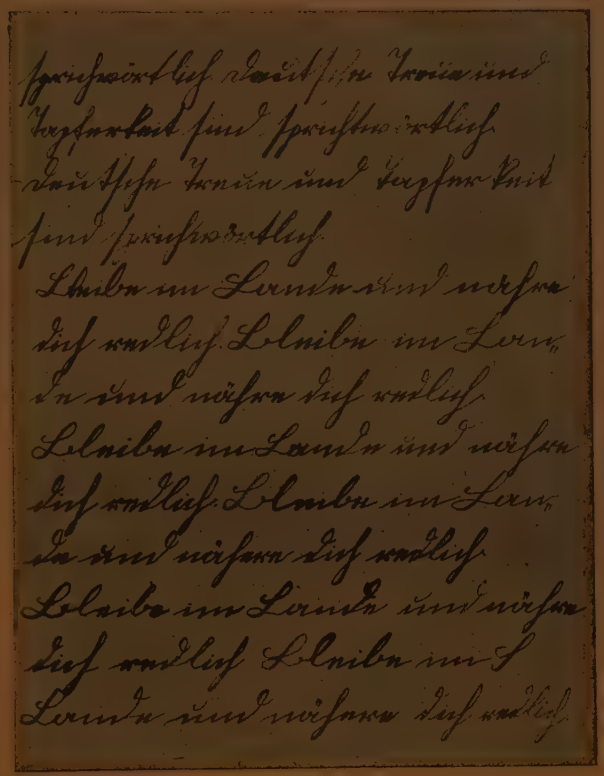


Fig. f. Mit schwerer Hand ohne jede Schreibflüchtigkeit geschriebene Schriftprobe eines sehr lange Zeit unterrichteten rechtsgelähmten Hirnverletzten.

Pat. schreibt mit schwerer Hand etwa 12 Silben in der Minute. Vgl. Schriftprobe Fig. f.

Die vorstehenden an Hirnverletzten erhobenen Befunde zeigen, daß es einzelne Fälle gibt, in denen bei Verletzung der linken Hirnhemisphäre nicht nur keine Apraxie (Unbeholfenheit im Handeln) auftritt, sondern sogar eine Erleichterung des Handelns mit der linken Hand in dem Sinne, daß Hemmungen, die mit großer Wahrscheinlichkeit bei Gesunden von der linken Hemisphäre ausgehen, nunmehr wegfallen. Wahrscheinlich gemacht wurde

das besonders an den linkshändigen Schreibbewegungen einzelner Rechtsgelähmter, die um so ungehemmter ausgeführt wurden, je mehr eine förmliche Ausrottung der in Betracht kommenden Hemmungsbezirke der linken Hemisphäre angenommen werden konnte. Dagegen erschienen die hemmenden Widerstände eher verstärkt in Fällen, wo nur eine partielle Zerstörung bzw. pathologische Veränderung jener Bezirke in Betracht kam.

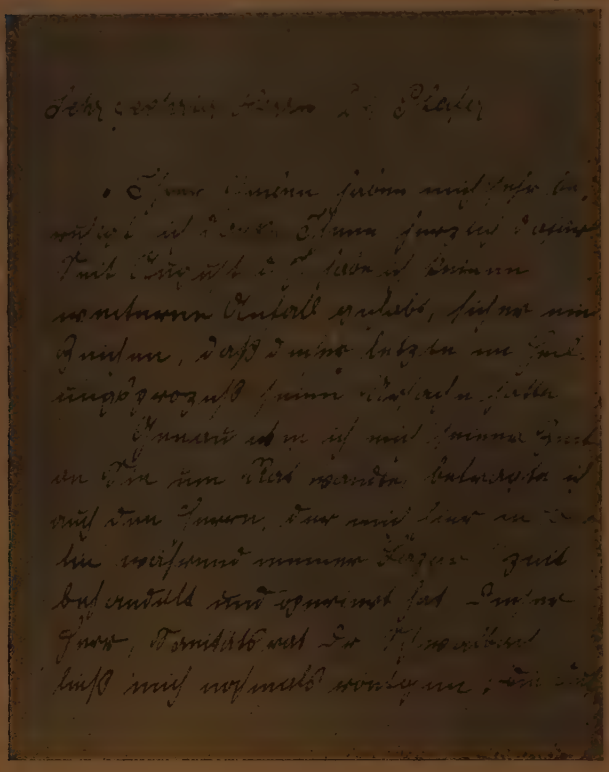


Fig. g. Schreibflüchtige Linkshänderschrift, wie sie sich ohne besonderen Unterricht nach Abklingen des Reizzustandes in der Hirnwunde von selbst herausgebildet hat. Diese Schriftprobe aus dem Jahre 1919 stammt von demselben Hirnverletzten wie die aus dem Jahre 1918 in Fig. f.

Daß es sich in dem unter 3 mitgeteilten Falle bei der ganz auffallenden Schwerfälligkeit und Unbeholfenheit der Schrift nicht um eine Ausfallserscheinung, sondern um eine Reizerscheinung handelt, wurde durch den Weiterverlauf der Krankheit evident erwiesen. Die Reizwirkung kann nicht anders als durch entzündliche Vorgänge an der Verletzungsstelle des Gehirns ausgelöst gedacht werden. Die Erfahrung lehrt aber, daß Hirnwunden allmählich ausheilen, und es war deshalb vorherzusagen, daß auch in diesem Falle infolge fortschreitender Vernarbung ein Wandel im Verhalten des Mannes auftreten mußte. Ein Doppeltes war möglich. Entweder die in dem entzündlichen Gewebe liegenden und erhalten gebliebenen Nervenelemente konnten sich hinsichtlich ihrer Funktion restituieren — dann war eine Besserung der Lähmung und eine erhöhte Gebrauchsfähigkeit der rechten Hand die Folge. Es hätte dann möglicherweise der Wieder-in-Betriebnahme des Schreibzentrums der linken Hemisphäre nichts im Wege gestanden. Oder aber die erhalten gebliebenen Nervenelemente gingen unter dem schädlichen Einfluß der chronischen Entzündung zugrunde und waren nach vollzogener Narbenbildung überhaupt nicht mehr vorhanden bzw. so in der Minderzahl, daß

nunmehr für den Gebrauch der linken Hand das Schreibzentrum der rechten Hemisphäre das Übergewicht erlangen konnte und damit eine wesentliche Besserung der Linkshänderschrift eintreten mußte.

Das Letztere sollte eintreten. Der in Rede stehende Soldat wurde 1916 verwundet, die in Fig. f abgebildete Schriftprobe stammt aus dem Jahr 1918. Im November 1919 schrieb der Verletzte an den Verfasser einen Brief, in welchem er seiner Freude darüber Ausdruck gab, daß sich sein Befinden seit kurzem wesentlich gebessert habe. Er habe seit einem Jahr keine epileptischen Anfälle (Reizzustand!) gehabt und sei vor allem glücklich darüber, daß er wieder flott schreiben könne, zwar nicht mit der rechten Hand, aber linkshändig doch so, wie früher rechtshändig. Fig. g enthält eine Schriftprobe aus diesem Brief.

Keineswegs im Gegensatz dazu stehen die Beobachtungen an Rechtsamputierten, bei denen die für die linke Hand bestehenden Erschwerungen in der Ausführung ganz bestimmter Bewegungen natürlich vorhanden sind.

Freilich darf man dabei eins nicht vergessen. Der Rechtsamputierte ist unter Umständen ein Gesunder, dem die Überwindung von Bewegungswiderständen Freude macht. Der Hirnverletzte ist ein Schwerkranker mit intensiven Schwankungen seines körperlichen Befindens und seiner psychischen Leistungen. Dieser Unterschied wird für die Schnelligkeit, mit der der Betreffende wieder schreiben lernt, evtl. ausschlaggebend sein. Fig. h gibt z. B. die Linkshandschriftprobe eines rechtsgelähmten Hirnverletzten wieder an einem Tage, wo er sich wohl fühlt, und an einem Tage, wo er sich elend und schlecht fühlt. Die Schrift erscheint hier als eine tatsächliche, graphische Selbstregistrierung der periodisch auftretenden epileptoiden Zustände.

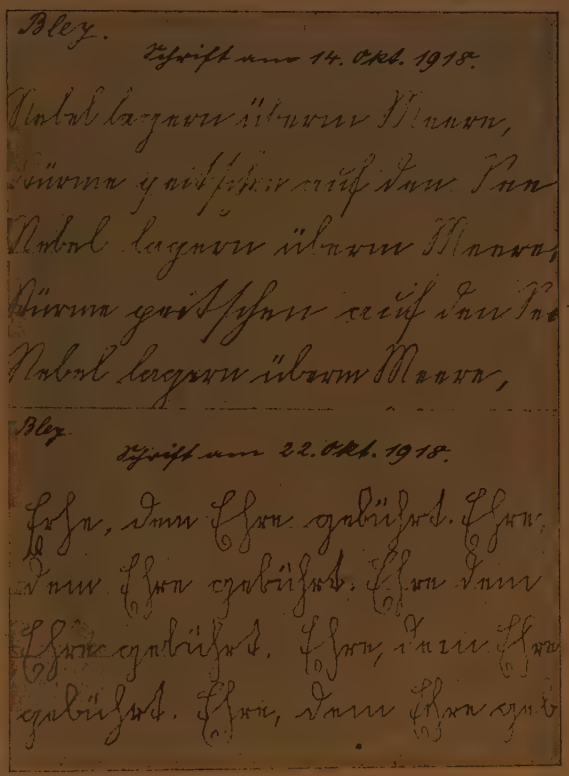


Fig. h. Linkshandschriftproben von einem schwer Hirnverletzten an einem Tage, wo er sich wohl fühlt, und an einem Tage, wo er sich elend und schlecht fühlt.

Sehr charakteristisch ist auch von demselben schwer Hirnverletzten die allererste Unterschrift, die er kurz nach seiner Verwundung mit der linken Hand unter eine Urkunde zu setzen genötigt war. Man sieht hier förmlich den Kampf der Innervationsimpulse, die hin- und herpendelnd einerseits geneigt sind, der durch die frühere rechtshändige Schreibübung geschaffenen Disposition für Spiegelschrift zu folgen, andererseits durch den Willen zu symmetrisch entgegengesetzten Bewegungen benutzt werden, ein Kampf, der sich unter Ausschaltung der linken Hemisphäre in der rechten vollzieht.

Mit der Feststellung der vorstehenden Tatsachen hat aber die Hirnpsychologie ihre Aufgabe noch keineswegs gelöst. Sie besteht nämlich darin, den Naturzusammenhang des psychischen Geschehens nachzuweisen, und der ist wie folgt zu erklären.

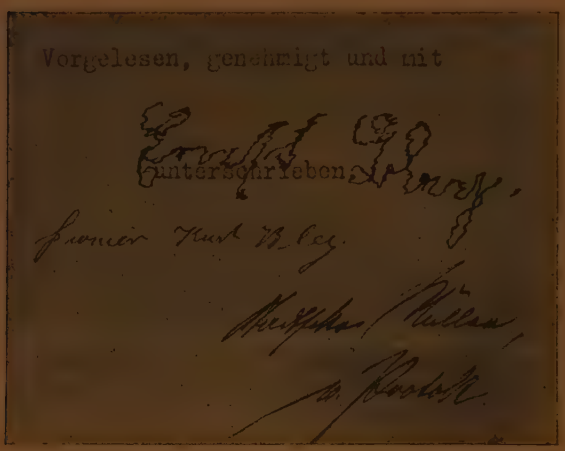


Fig. 1. Allererste Unterschrift eines durch Kopfschuß schwer Rechtsgelähmten unter eine Urkunde mit ungeübter Linkshänderschrift.

Es wurde oben bereits dargetan, daß homologe Teile beider Hemisphären des Gehirns durch sogenannte Balkenfasern miteinander verbunden sind. Auf die Hand angewandt würde das bedeuten, daß der Ort im Gehirn, wo die Innervation für die Bewegungsimpulse etwa des linken Daumens erfolgt, in Faserverbindung steht mit dem Ort, wo die Innervation für die Bewegungsimpulse des rechten Daumens stattfindet. Es leuchtet ein, daß ein Reiz, der die eine von beiden Stellen trifft, leicht nach der homologen Stelle der anderen Hemisphäre abfließen kann. Nun sehe man sich einmal seine beiden Hände an. Man drehe und wende sie, wie man will, sie werden immer wie zwei ungleiche Kinder Evae erscheinen. Worin besteht aber dieser Unterschied? Beide Arme sind bis zum Ellenbogen hinauf (ich lasse die Oberarm- und Schultermuskulatur außer Betracht) spiegelbildlich verkehrt angesetzt. Ich sage absichtlich »spiegelbildlich« verkehrt, denn hält man die rechte Hand vor den Spiegel, so sieht man dort eine linke Hand. Zieht man nun für diese Anordnung der Muskulatur noch die natürliche Verbindungsweise homologer Stellen beider Hirnhemisphären in Betracht, so ergibt sich daraus von selbst, daß beidhändige Bewegungen in entgegengesetzt symmetrischer Richtung der primi-

tivsten und, weil mit dem energetischen Minimum ausgeführt, auch der leichtesten Innervationsform folgen. Für alle anderen Bewegungskombinationen ist die Innervation komplizierter und der Energieverbrauch größer. In gewissem Sinne sind deshalb beidhändig ausgeführte, gleichsinnig gerichtete Bewegungen ebenso unnatürlich, wie etwa das Seiltanzen oder einstudierte Turnbewegungen, d. h. sie müssen erlernt werden und werden erfahrungsgemäß auch wieder verlernt. Am eindringlichsten bestätigen uns das die Pianisten mit dem Einüben und Verlernen der Parallelpassagen, gilt es doch dabei den uralten Innervationszwang symmetrisch zusammengehöriger Muskulatur zu überwinden. Der Übergang zu größerer Bewegungsfreiheit bei beidhändiger Arbeit erfolgt immer so, daß die eine Hand ruhig gestellt, d. h. durch innervatorische Gegenimpulse gehemmt wird, und die andere Hand sich dann freier und ungehemmter bewegen kann. So kommen auch die Höchstleistungen der Geschicklichkeit zustande: der Feinmechaniker hält ebenso wie die Kunststickerin den Gegenstand mit der einen Hand und bearbeitet ihn mit der anderen. Warum gerade die rechte Hand (linke Hemisphäre) das Übergewicht über die linke Hand (rechte Hemisphäre) im Laufe der Kulturentwicklung erlangte, ist schwer zu sagen und die Erörterung diesbezüglicher Theorien dürfte hier zu weit führen. Mit einer gegenseitigen innervatorischen Beeinflussung beider Hemisphären muß man gleichwohl aber heute noch rechnen. Wäre dem nicht so, dann hätten ja die Gründer der Ambidexterschulen recht und ihr Mißerfolg wäre ganz unverständlich. Es existiert aber tatsächlich heute noch kein Mensch, der imstande wäre, mit beiden Händen gleichzeitig je einen Brief zu schreiben, der im einfachsten Falle gleichen Inhalt haben und identisch sein könnte. Das, was die Ambidexterschulen immer als Sonderleistung für sich in Anspruch genommen haben, war die überraschende Schnelligkeit und Sicherheit, mit der Kinder beidhändig symmetrische Zeichnungen herstellen konnten, dann ferner das Modellieren und andere Geschicklichkeitsleistungen, die nach den vorstehenden Ausführungen ganz einfach zu erklären sind. Zusammenfassend kann gesagt werden: Die Rechtshändigkeit besagt, daß die linke Hand manches verkehrt macht, was die rechte Hand richtig macht. Unsere Ergebnisse zeigen, daß das, was die linke Hand nicht kann, zum großen Teil nicht ihr (bzw. der rechten Hemisphäre) Unvermögen ist, sondern aus Hemmungen resultiert, die durch Übung der rechten Hand (bzw. linken Hemisphäre) gesetzt werden.

Das uralte Problem der Links- und Rechtshändigkeit erscheint damit wieder in einem neuen Lichte.

4. Ergebnisse der vergleichenden Gehirnanatomie.

Auf dem Gebiete der vergleichenden Gehirnanatomie ist EDINGER (Frankfurt) ein Meister von Weltruf. Er hat uns durch seine Studien an Tiergehirnen geradezu Wunder schauen lassen und hat Zusammenhänge da nachgewiesen, wo sie vor einem Jahrzehnt noch niemand suchte. Ihm verdanken wir den Nachweis, daß der Bau des Gehirns, so verschieden er im Tierreich sein mag, allenthalben den Lebensbedingungen streng angepaßt ist; ja noch mehr: so vielgestaltig und wechselnd die einzelnen Teile des

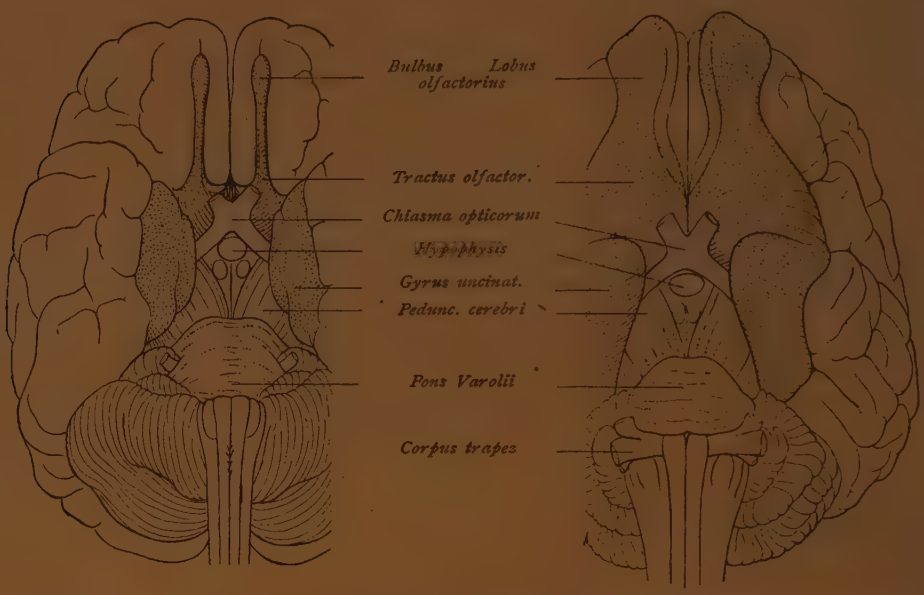
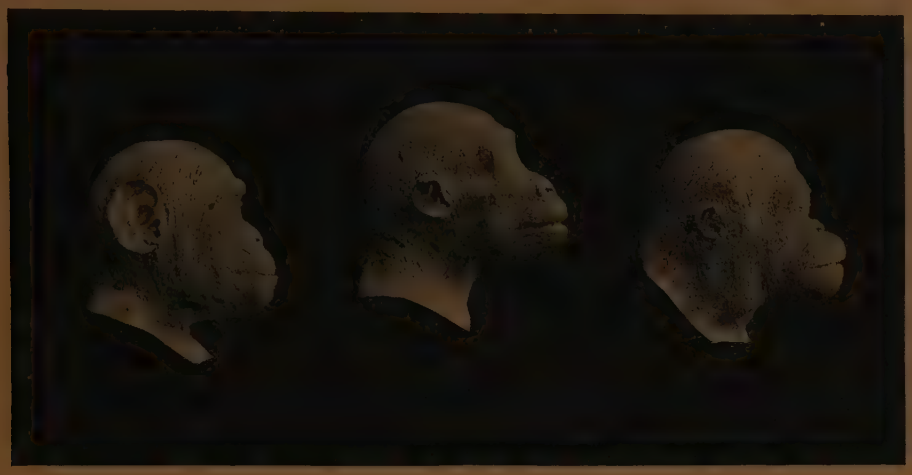


Fig. 45. Basis des Gehirns von Mensch und Hund verglichen mit besonderer Rücksicht auf den nervösen Riechapparat. Nach GEGENBAUR. Der Riechapparat durch Punktierung gekennzeichnet.
Bulbus olfactorius beim Menschen = Riechkölbchen, Lobus olfactorius beim Hund = Riechlappen, Tractus olfactorius = Riechstreifen, Chiasma opticorum = Sehnervenkreuzung, Hypophysis = Hirnanhang, Gyrus uncinatus = Hakenwindung des Gyrus hippocampi, Pedunculi cerebri = Hirnschenkel, Pons Varolii = Brücke (von VAROLIUS entdeckt), Corpus trapezoideum = Trapezkörper, ein Teil der Hörbahn, der wegen der Kleinheit der Brücke bei den Tieren freiliegt, beim Menschen dagegen von der Brücke überdeckt wird.

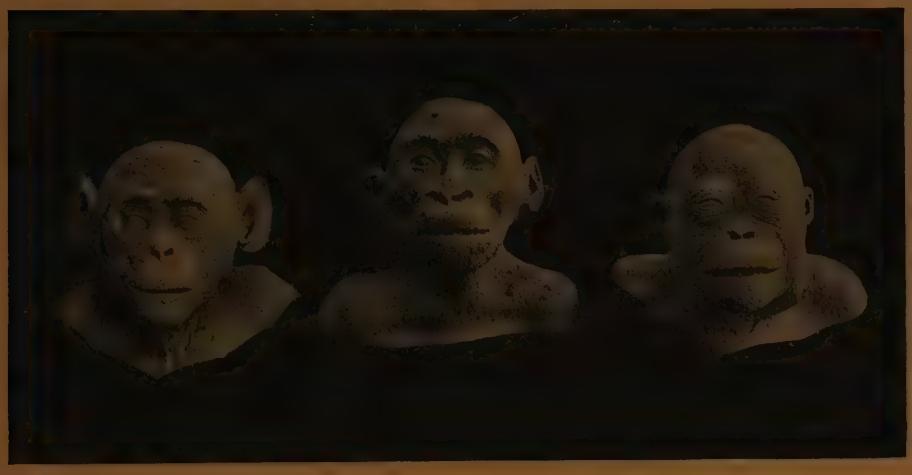
Gehirns in der Tierreihe erscheinen mögen, bei der Übersicht über das Ganze ergibt sich ein stetiger Fortschritt vom Niederen zum Höheren, eine Kette zahlloser Entwicklungsstufen bis hinauf zur Krone der Schöpfung, dem Menschen. Aber wir sind außerstande, solche und ähnliche Gedankengänge hier weiter zu verfolgen. Durch die Hilfsmittel der Veranschaulichung sind uns so enge Grenzen gezogen, daß nur einige, wenige Beispiele aus der vergleichenden Anatomie hier Raum finden können. Fig. 45

zeigt uns die überaus starke Entwickelung des nervösen Riechapparates beim Hund im Gegensatz zu der Verkümmerung, die er beim Menschen erfahren hat. Durch die Reduktion beider Gehirne auf gleiche Größe wird der Vergleich unmittelbar ermöglicht und bedarf keiner weiteren Erklärung.



Schimpanse. Gorilla. Orang Utan.

Fig. 46. Totenmasken dreier anthropomorpher Affen im Alter von 1—2 Jahren.



Schimpanse. Gorilla. Orang Utan.

Fig. 47. Totenmasken dreier anthropomorpher Affen im Alter von 1—2 Jahren.

Aber weit mehr als der Hund interessiert uns das Volk der Affen. Wer möchte wohl an einem Affenkäfig schnellen Schrittes vorübereilen, ohne nicht einen Blick zu werfen auf die munteren Gesellen, die uns Menschen in Gestalt und Bewegung so humorvoll karrikieren? Von den menschenähnlichen (anthropomorphen) Affen ist der Orang in der ausgesprochensten Weise dem Baumleben angepaßt, der Gorilla am meisten auf dem

Erdboden heimisch, während der Schimpanse — wegen seiner Dressurfähigkeit für den Zirkus besonders bekannt — eine Mittelstellung einnimmt.

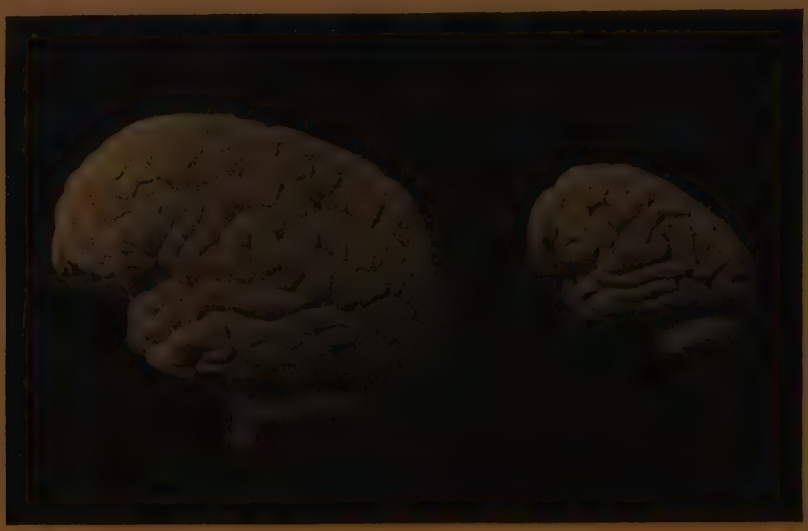


Fig. 48. Vergleich des menschlichen Gehirns mit dem Gehirn des Orang Utans*). Seitenansicht.

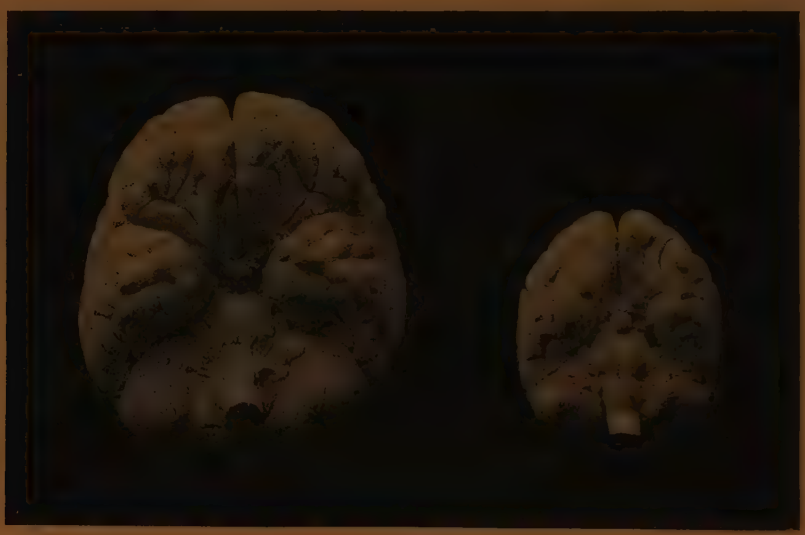


Fig. 49. Vergleich des menschlichen Gehirns mit dem Gehirn des Orang Utans. Basis.

Die Menschenähnlichkeit dieser Tiere ist namentlich im Jugendzustande sehr groß (Fig. 46 u. 47). Die jungen Anthropomorphen haben einen verhält-

*) Es war dem Verfasser interessant, bei KLAATSCH (»die Entstehung und Entwickelung des Menschengeschlechts« in KRAEMERS Prachtwerk, Weltall und Menschheit. II. Band S. 1—340) auf einem Querschnitt durch den Schädelbinnenraum von Mensch und Gorilla beim Vergleich dieselben Einzelheiten zu finden, die hier in Fig. 48 für Mensch und Orang Utan zu erkennen sind.

nismäßig großen Schädel und ein zur Größe des Gesamtkörpers gut proportioniertes Gehirn. Mit zunehmendem Alter bleibt aber nun der Kopf und insbesondere der das Gehirn einschließende Teil desselben (Hirnschädel) im Wachstum auffallend zurück, so daß das ausgewachsene Tier geradezu kleinköpfig (mikrokephal) erscheint und mit der Ausbildung der Zähne zu Waffen jede Menschenähnlichkeit verliert. KLAATSCH (Breslau) bezeichnet deshalb die Anthropomorphen als »abgesunkene« Formen einer ursprünglich wahrscheinlich höher stehenden Ausgangsrasse und gibt als Grund der Rückbildung des Gehirns das Vornübertragen des Kopfes, die Ausbildung der Zähne zu Waffen, die Entwickelung von Augenwülsten zum Abfangen

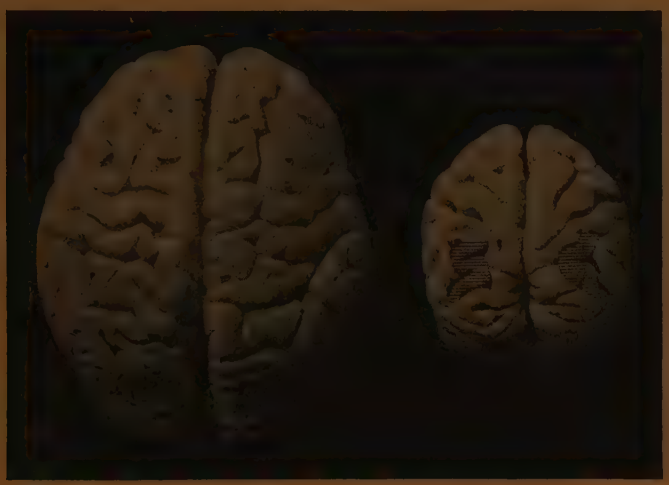


Fig. 50. Vergleich des menschlichen Gehirns mit dem Gehirn des Orang Utans. Von oben gesehen.

des Kaudruckes und ähnliche Gründe an. Wichtiger für den hirnanatomischen Vergleich zwischen Mensch und Affe erscheint indes eine andere von KLAATSCH gemachte Bemerkung, daß nämlich die in Europa lebenden Menschenrassen wahrscheinlich eine Mischrasse darstellen von dem sog. Aurignactypus mit dem Neandertaltypus, und daß der Skelettbau des Orang Utans mit dem ersten Typus, der Skelettbau des Gorillas dagegen mit dem zweiten Typus sehr viel gemein habe. Damit steht nämlich eine in der Gehirnanatomie vielfach gemachte Beobachtung gut im Einklang. Beim Vergleich zwischen Mensch nnd Affe läßt zwar das Gehirn als Ganzes recht erhebliche Unterschiede erkennen, jedoch werden immer und immer wieder menschliche Gehirne beobachtet, die in einzelnen Teilen sehr an das Affengehirn erinnern und zwar sind es Anklänge bald an das Gorilla-, bald an das Orang-, bald an das Schimpansengehirn. Diese Erscheinung dürfte

nach KLAATSCH auch ohne die Annahme eines »Rückfalls in der Rasse« ihre befriedigende Erklärung finden. Von den durchgreifenden Unterschieden im Gehirnbau seien an den Abbildungen in Fig. 48, 49 u. 50 noch folgende aufgezeigt. Trotz sinnenfälliger Ähnlichkeit zeigt der Vergleich (Fig. 48) des menschlichen Gehirns (1400 g) mit dem Gehirn des Orang Utans (500 g) wunderschön die Überlegenheit des menschlichen zentralen Nervensystems im Stirnhirn (nach WUNDT das Apperzeptionszentrum) und im Scheitel (nach FLECHSIG das hintere große Assoziationszentrum). Gegenüber dem klobigen Stirnhirn des Menschen (Fig. 49) erscheint das Stirnhirn des Orang Utans geradezu dürftig. Dagegen zeigt aber nun das Affengehirn an anderer Stelle

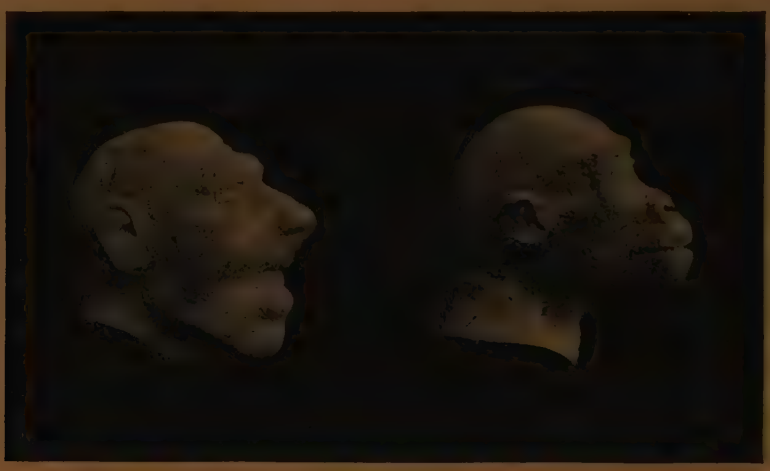


Fig. 51. Totenmaske der Mikrokephalin WITTICH (61 Jahre alt)*) und eines jungen Gorillas aus dem Zoologischen Garten zu Leipzig.
Schädelumfang der Idiotin (über den Augenbrauen hin gemessen) 36 cm, beim Gorilla ebenso. Gehirngewicht bei der Idiotin 286 g, beim Gorilla 350 g.

eine Überlegenheit. Homologisiert man die Windungen der beiden in Fig. 50 abgebildeten Gehirne, so ergibt sich, daß das Affengehirn eine Windung aufweist (schraffiert), die wir beim Menschengehirn vermissen. Es ist jene Windung, welche vermutlich die zu Händen ausgebildeten Hinterfüße des Affen bedient, da sie aus dem mittleren Drittel der Zentralwindung (Zentren für die unteren Extremitäten) abzweigt und einen feineren Ausbau der hinteren Zentralwindung darzustellen scheint.

*) Die hier abgebildete Totenmaske wurde von Herrn Geh. Rat MARCHAND, Direktor des pathol. Instituts der Universität Leipzig eigenhändig abgenommen und ein Gipsabguß davon — das Original steht in der Institutssammlung — zur Herstellung dieser Photographie in liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellt. Die Beschreibung und Abbildung des zugehörigen Gehirns, welches auch in Fig. 52, 53 und 54 zu finden ist, kann nachgeschlagen werden bei: MARCHAND, »Über einen Fall von Mikrokephalie hohen Grades«, Sitzungsbericht d. G. zur Beförderung d. ges. Naturw. Marburg 1896. S. 41.

Aber die Überlegenheit des Menschen gegenüber dem Affen hinsichtlich der Anlage des Nervensystems braucht nicht unter allen Umständen ge-

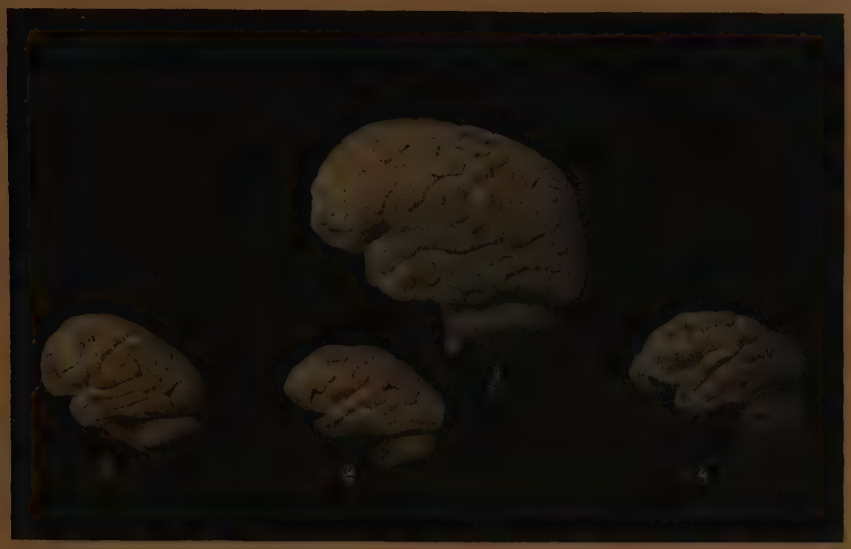


Fig. 52. 1 = Gehirn des erwachsenen Orang Utans. 2 = Gehirn der Mikrokephalin WITTICH. 3 = Normales Gehirn einer 26jährigen Frau. 4 = Gehirn des Idioten VÖLP.

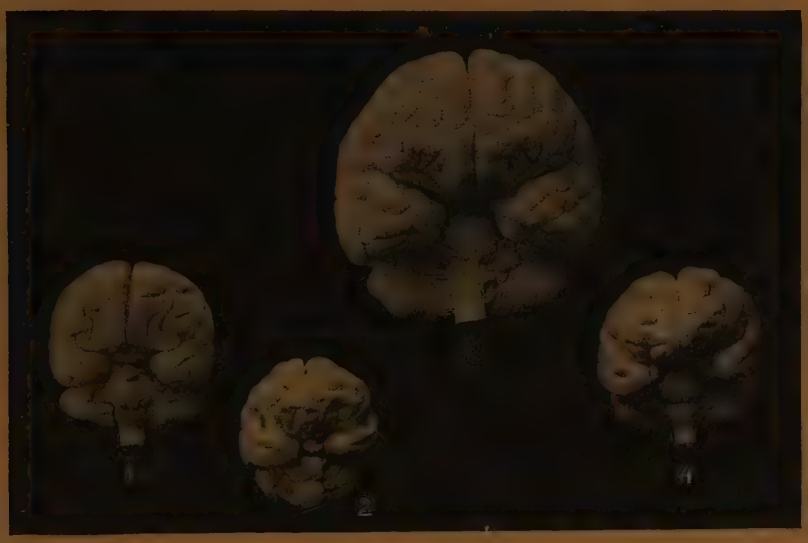


Fig. 53. 1 = Gehirn des erwachsenen Orang Utans. 2 = Gehirn der Mikrokephalin WITTICH. 3 = Normales Gehirn einer 26jährigen Frau. 4 = Gehirn des Idioten VÖLP.

wahrt zu sein. So haben einige seltene Fälle von Kleinköpfigkeit (Mikrokephalie) beim Menschen wiederholt die Aufmerksamkeit der Wissenschaft auf sich gelenkt. Ohne Zweifel ist in Fig. 51 der Schädel des jungen

Gorillas im Scheitelteil viel besser entwickelt als bei der Idiotin. Im Stirnteil nehmen sich beide Köpfe nicht viel. Zeigt doch die Idiotin sogar deutlich ausgeprägt jene Augenwülste, die im Streit um den Neandertalschädel eine große Rolle spielten, und deren Vorkommen beim Menschen wiederholt bestritten worden ist. Was dem Idiotenkopf aber ein entschieden menschliches Aussehen verleiht, ist einmal die energisch vorspringende Nase und dann das Zurücktreten des Unterkiefers, es fehlt jede Schnauzenbildung. Die Gehirne der mikrokephalen Idioten weichen von denen der normalen Menschen zunächst durch mangelhafte Entwickelung des Stirn- und Scheitelhirns ab (Fig. 52 u. 53), unterscheiden sich aber auch noch darin, daß die Insel nicht überdeckt ist, sondern frei liegt (Fig. 52). Sie erinnern also nicht nur durch ihre Kleinheit an das Affengehirn, sondern machen auch den Eindruck des Unfertigen, in der Entwickelung Stehengebliebenen und ähneln dadurch den Embryonengehirnen (vgl. Fig. 9). Daß ein zu langsames Wachstum der Schädelkapsel bzw. vorzeitiger Schluß der Schädelnähte der alleinige Grund der mangelhaften Gehirnentwickelung sei, nimmt man heute nicht mehr an.

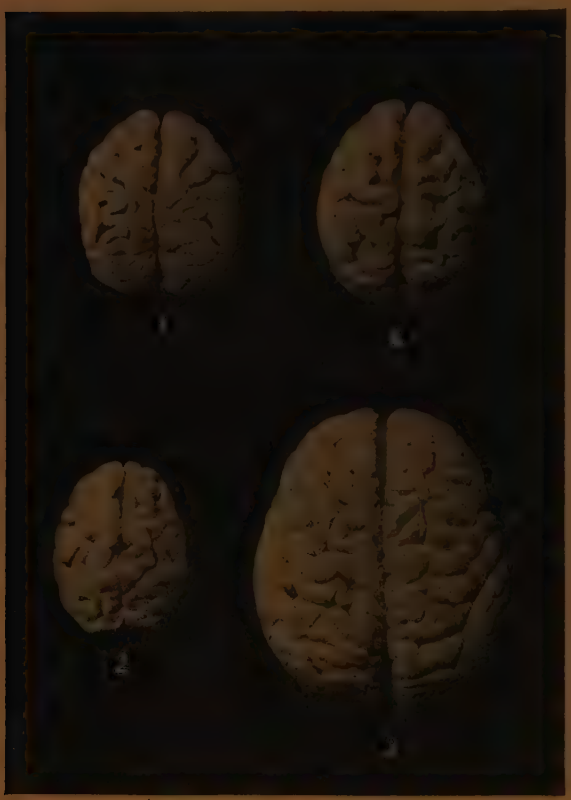


Fig. 54. 1 = Gehirn des erwachsenen Orang Utans. 2 = Gehirn der Mikrokephalin WITTICH. 3 = Normales Gehirn einer 26jährigen Frau. 4 = Gehirn des Idioten VÖLP.

Beim gesunden Menschen preßt sich das Gehirn mit großer Gewalt gegen den knöchernen Schädel und hilft ihn formen, sodaß nicht selten auf der Innenseite der knöchernen Schädelkapsel sämtliche Hirnwindungen abgedrückt erscheinen. Wohl aber sind Hemmungsbildungen bekannt geworden, die von innen heraus das Wachstum hindern oder doch stark abändern können. Fig. 55 zeigt eine Narbenbildung, die zum Ausgangspunkt einer veränderten Lagerung der Hirnfurchen wurde. Da nun die beiden abgebildeten Idiotengehirne im Scheitel solche radiär nach einem Punkte hin laufende Furchen

zeigen und noch ausgeprägter der anthropomorphe Affe (Fig. 54, 1) ein solches »Hemmungszentrum« im Scheitel besitzt, dürfte die psychische Rück-

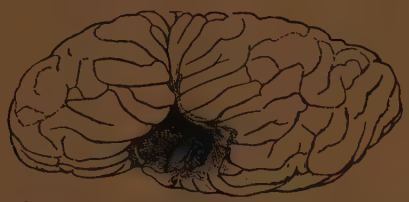


Fig. 55. Große Narbe an der Außenseite eines Großhirns. Nach ZIEGLER. Alle Windungen konvergieren nach dem Punkte, wo sich das Gehirn nicht ausdehnen konnte.

ständigkeit dieser Geschöpfe wenigstens zum Teil begreiflich erscheinen, zumal die Hemmungsbildungen das Scheitelhirn, also jenen Rindenbezirk betreffen, in dem nach FLECHSIG ein wichtiges Assoziationszentrum gelegen ist.

5. Die myelogenetischen Felder der Rinde und der Vergleich verschiedener Gehirne nach der relativen Größe ihrer psychischen Zentren.

»Geistig hochstehende Menschen haben ein größeres und windungsreicheres Gehirn als andere« — sagte GALL und glaubte, damit ein wichtiges Gesetz ausgesprochen zu haben. Das größte menschliche Gehirn, welches seinem Gewicht nach bisher bekannt geworden ist, wog 2580 g gegenüber einem normalen Gehirngewicht von rund 1400 g — — — sein Besitzer war ein Idiot! Dagegen wog das Gehirn des berühmten französischen Staatsmannes Gambetta nur 1180 g. Aber selbst wenn die Ausbildung des Großhirns als Ganzes zu einem Maß für die geistige Gesamtleistungsfähigkeit brauchbar wäre, würde uns das wenig nützen. In der gegenwärtigen Kultur schätzt man nämlich die Menschen gar nicht nach ihrer Gesamtleistungsfähigkeit ein, weil die Ausbildung aller Fähigkeiten kaum noch über das Niveau der Durchschnittsmenschen erhebt, eine spezielle Befähigung und die Ausbildung einzelner hervorragender Eigenschaften aber viel höher bewertet wird. Solche Eigenschaften, die oft die geistige Bedeutung eines Mannes ausmachen, können sehr wohl auf besondere Zunahme eines einzelnen Rindengebietes zurückführbar sein, ohne daß sich diese gerade in dem Gesamthabitus der Windungen oder in der Wägung ausdrückt (EDINGER). In einzelnen Fällen ist ja der Zusammenhang zwischen abnormem Gehirnbau und außergewöhnlicher Befähigung erwiesen. Gambettas Gehirn zeigte in der Sprachregion eine ungewöhnlich reiche Entwickelung, und am

Schädel Sebastian Bachs findet sich in der Hörregion eine förmliche Ausbuchtung. Aber ebenso oft zeigten Gehirne geistig sehr hochstehender Männer keinerlei Besonderheiten, und in einzelnen Fällen legten beobachtete Abnormitäten Schlüsse nahe, die sich hinterher doch als falsch ergaben. So fand sich am Gehirn von Helmholtz eine abnorme Entwickelung in der Angularisgegend (Flechsig). Wer wäre da nicht geneigt gewesen, sie unmittelbar mit der genialen Denkweise dieses Gelehrten in Beziehung zu bringen? Und doch fand man später eine ganz ähnliche Entwickelung auch an einem Gorillagehirn. Wir sehen, es ist wirklich schwer, hier Klarheit zu schaffen. Gleichwohl könnten wir in absehbarer Zeit vorwärts kommen, wenn es uns gelänge, die Zentren schärfer voneinander abzugrenzen und ihre Funktionswerte im einzelnen noch genauer zu bestimmen. Dazu sind wir aber auf dem besten Wege. Wieder war es Flechsig, der die Gehirnforschung um eine überaus fruchtbringende Untersuchungsmethode bereicherte, die besonders geeignet erscheint, über die funktionelle Verschiedenwertigkeit der Rindenfelder Aufschluß zu geben.

Jede einzelne Markfaser im Gehirn hat ihre kleine Entstehungsgeschichte. Erst glasartig durchsichtig und der Leitung von Nervenreizen noch unfähig, umhüllt sie sich später im Zustand der Reife mit einer weißen Markscheide, den vorher glasartig durchsichtigen Teil als »Achsenzylinder« im Innern tragend. An den Gehirnen kleiner Kinder läßt sich der Markscheidenentwickelungsprozeß (Myelos = Mark) deutlich beobachten. Die Markumhüllung (Myelinisation) beginnt im Rückenmark und setzt sich durch das verlängerte Mark fort bis in den Hirnstamm. Bei rechtzeitig geborenen Kindern ist die Anlage der Sinneszentren in der Rinde an dem Vorhandensein markumhüllter Fasergruppen (Primordialgebiete) bereits nachzuweisen, und in streng gesetzmäßiger Folge schreitet nun die Markumhüllung durch das ganze Gehirn hindurch fort. Bei zu früher Geburt ist die gesamte Großhirnrinde oft noch markfrei und erst nach der Geburt werden der Reihe nach markhaltig die Zentren für Geruch und Geschmack, Körpersensibilität und Bewegung (Taststrahlung), Sehen und Hören. Da psychologische Beobachtungen über das Erwachen der einzelnen Sinnestätigkeiten in solchen Fällen bereits zahlreich vorliegen, konnten auf dem Wege des Vergleichs mit dem Myelinisationsprozeß die Sinneszentren einwandfrei nachgewiesen und abgegrenzt werden. Es ergab sich dabei ein streng gesetzmäßiger Parallelismus zwischen der Fertigstellung der Nervenleitungen und ihrer psychischen Inanspruchnahme (Myelogenetisches Grundgesetz Flechsigs). Nach den Sinneszentren entwickeln sich die Assoziationszentren. Auch hier konnte Flechsig zahlreiche Entwickelungsstadien mit

jeweils scharf abgegrenzten Feldern, deren psychologische Bedeutung man zum Teil noch nicht kennt, nachweisen. Immerhin steht zu erhoffen, daß eine vertiefte psychologische Beobachtung auch hier in absehbarer Zeit Aufklärung bringen wird. Sichergestellt ist bereits, daß die Empfindungen der linken und rechten Tastsphäre früher assoziiert werden als Erregungen z. B. der linken Tast- und linken Sehsphäre, der rechten Seh- und rechten Hörsphäre usw. Das ist psychologisch gewiß schon recht interessant.

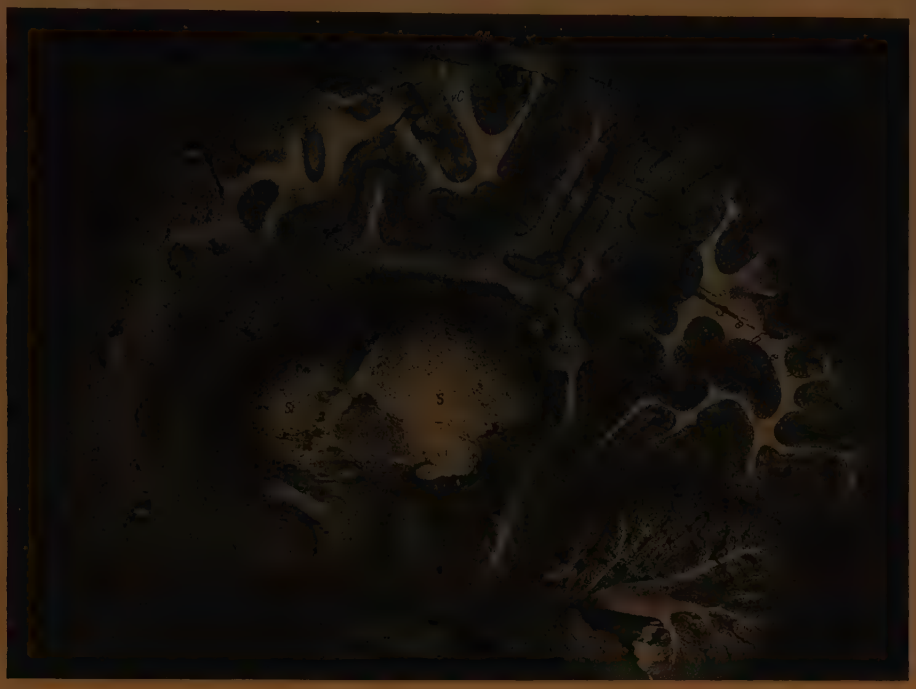


Fig. 56. Sagittalschnitt aus dem Gehirn eines angeblich im 5. Monat verstorbenen, vielleicht einige Monate älteren Kindes.

Cf = Zentralfurche, *vC* = Vordere Zentralwindung, *hC* = Hintere Zentralwindung, *S* = Sehhügel, *St* = Streifenhügel.

Die ungleiche Helligkeit der Marksubstanz deutet auf ungleiche Reife der psychischen Zentren hin. In den Sinneszentren (Hinterhaupt, vordere und hintere Zentralwindung, Gyrus hippocampi) sind alle Teile der weißen Substanz markhaltig, in den Assoziationszentren des hinteren Scheitelhirns und der Stirn sind die Markfasern noch mit marklosen Fasern gemischt und erscheinen deshalb nicht blendend weiß.

Fig. 56 zeigt einen Schnitt aus einem solchen Kindergehirn, in dem die Sinneszentren reif, d. h. in blendendem Markweiß erscheinen, während die Assoziationssysteme noch ein unreifes, aschfahles Aussehen haben.

Als ein zweites Gesetz, auf welches Flechsig ebenfalls hinweist, gilt die Tatsache, daß sich an der Oberfläche des Embryonengehirns frühzeitig diejenigen Rindenteile durch Furchen verraten, in welchen Zentren gelagert sind, die in der Jugend zuerst (normaler Wachstumsvorgang) oder im späteren Leben sehr intensiv (lokale Wucherungsprozesse) in Anspruch genommen

werden. Fig. 57 ist dafür ein Beispiel. Kennt man auf Grund der Feldermethode oder anderswoher Lage und Ausdehnung der psychischen

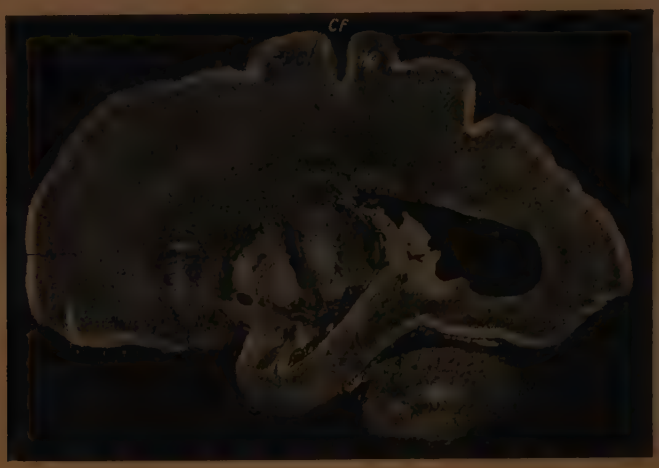


Fig. 57. Sagittalschnitt aus dem Gehirn eines männlichen Fötus.
Bei ungefalteter übriger Rinde zeigt das Gehirn im Bewegungszentrum bereits deutlich die Zentralfurche (normaler Wachstumsprozeß) und beginnende Faltung im hinteren Assoziationszentrum (Wucherungsprozeß). *vC* = Vordere Zentralwindung, *hC* = Hintere Zentralwindung, *Cf* = Zentralfurche.

Fig. 58. Ganglienzellen aus der Ammonswindung eines 27 cm langen Fötus. (Mikrophotographie.) Im Gyrus hippocampi des Gehirns in Fig. 57. erblickt man zahlreiche knospenartige Gebilde, deren Zusammenhang mit dem Geschmacks- und Geruchssinn als sehr wahrscheinlich gilt. Stellt man am Originalschnitt auf eine solche Knospe das Mikroskop ein, so erblickt man das in Fig. 58 wiedergegebene Bild: ganze Haufen von Pyramidenzellen, in denen sich vermutlich für die Entstehung von Geruchs- und Geschmacksempfindungen wichtige chemische Prozesse vollziehen.

Zentren genauer, so erweisen sich auch rein morphologische Studien, etwa der nachstehenden Art, über die »Relativität der Gehirnzentren« als höchst förderlich für die psychologische Erkenntnis.

Die beiden Kinder, deren Gehirne auf Sagittalschnitten verglichen werden sollen, waren von annähernd gleicher Körperlänge. Auch die

Fig. 59. Sagittalschnitt aus dem Gehirn eines neugeborenen Mädchens (3 Tage gelebt). Natürliche Größe.

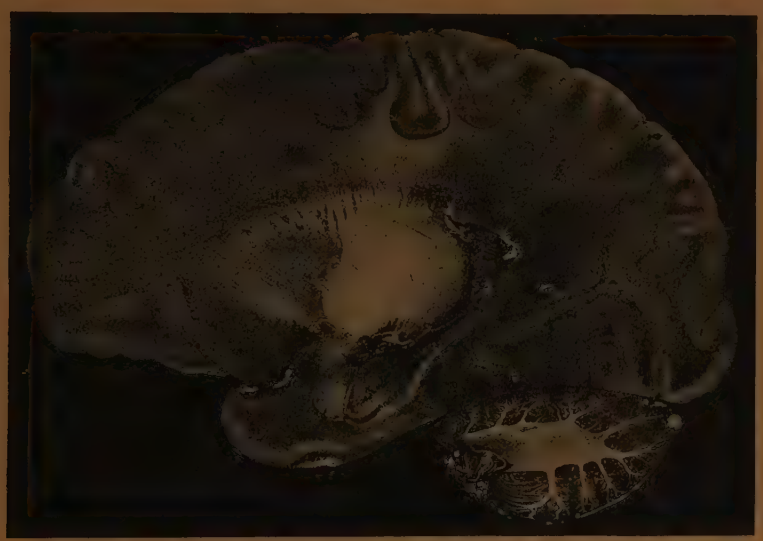


Fig. 60. Sagittalschnitt aus dem Gehirn eines Knaben (21 Tage gelebt — 14 Tage zu früh geboren). Natürliche Größe.

Altersdifferenz liegt noch innerhalb brauchbarer Vergleichsgrenzen. Wir finden:

I. Das Mädchengehirn erscheint in toto größer, das Knabengehirn sehr viel kleiner.

II. Das Mädchengehirn ist sehr wenig entwickelt und windungsärmer, während beim Knaben das Gehirn durchgängig reifer erscheint.

III. Legt man beide Schnitte so übereinander, daß sich die Zentralfurche*) etwa deckt, so ergibt sich, daß das Mädchengehirn das Knabengehirn an Größe nur in einzelnen Teilen übertrifft.

Fig. 61. Die beiden Gehirne aus Fig. 59 und 60 übereinander gedeckt. Ausgezogener Umriß = Mädchen. Punktierter Umriß = Knabe.

1. Das Stirnhirn des Mädchens ist unverhältnismäßig größer als das des Knaben (schön gewölbte Stirn bei Frauen, »fliehende« Stirn bei Männern häufiger).

2. Die hinter der Zentralfurche, also im hinteren Scheitel gelegene Gehirnpartie (Assoziationszentrum!) ist bei beiden gleich groß, d. h. im Verhältnis zu den Dimensionen des Gesamthirns für den Knaben relativ sehr groß, für das Mädchen relativ sehr klein.

*) Es ist erwiesen, daß die Zentralfurche ihre Lage zum Gesamthirn am wenigsten ändert, also eine der »konstantesten« Furchen ist.

3. Das zeigt sich auch an der Stellung, den die quer angeschnittene Zentralfurche einnimmt. Infolge eines zu raschen Oberflächenwachstums (Wucherungsprozeß!) des Stirnhirns ist die Zentralfurche beim Mädchen ventral (nach vorn) gerichtet; infolge eines zu raschen Wachstums der Rinde des hinteren Scheitelhirns ist die Zentralfurche beim Knaben dorsal (nach hinten) gerichtet. Erinnern wir uns des Satzes von Flechsig, daß Rindengebiete, deren Zentren im späteren Leben intensiv in Anspruch genommen werden, schon frühzeitig auf dem Wege der Wucherung eine Vergrößerung ihrer Oberfläche erstreben, so steht es mit den Erfahrungen des Lebens gewiß nicht im Widerspruch, wenn dem Knaben von vornherein durch ein großes Scheitelhirn höhere Sensibilität für alles, was mit dem Verstande zusammenhängt, dem Mädchen dagegen ein großes Stirnhirn als Substrat für ein intensiveres Gefühlsleben und eine umfassendere Organisation des Fortpflanzungstriebes gesichert wird.

IV. Die weißen Fasermassen an der tiefsten Stelle der Zentralfurche entstammen der Taststrahlung, die vom Sehhügel aus aufwärts strahlt. Die oben angedeutete Stellung der Zentralfurche scheint aber nun gleichzeitig zu bedingen, daß bei ventraler (Mädchengehirn) Richtung derselben Tastbahnfasern frühzeitiger und in reichlicheren Mengen in die hintere Zentralwindung eintreten als bei dorsal (Knabengehirn) gerichteter Zentralfurchenstellung (Flechsig). Die neuerdings auch durch frauenpsychologische Experimente (Wreschner, Zürich) erwiesene höhere Sensibilität der Frau dürfte darin vielleicht ihre Erklärung finden. Die Frauen sind »empfindlicher« (im eigentlichen Sinne des Wortes) als Männer. Die Empfindlichkeitsschwelle liegt bei ihnen tiefer, so daß ein verhältnismäßig geringes Gewicht von ihnen bereits als Last empfunden wird. Hinsichtlich der Koordination von Bewegungen dagegen sind die Männer den Frauen überlegen. Die Männer üben Bewegungen präziser aus und haben ihre Bewegungen mehr in der Gewalt.

V. Trotz dieser durchgreifenden Unterschiede ist der scheinbar naheliegende Schluß von der Schädelform auf die Intelligenz (Phrenologie Galls) wissenschaftlich unhaltbar und zwar deshalb, weil z. B. das Stirnhirn einen ganzen Komplex von psychischen Zentren darbietet: Aufmerksamkeits- und Lernvorgänge, Gefühle, Geschlechtstrieb usw. Je nach Entfaltung des einen oder anderen Zentrums kann also bei sonst gleicher Stirnbildung die geistige Veranlagung durchaus verschieden sein.

Was aber für uns besonders wertvoll erscheint, ist der Umstand, daß Flechsig die hier angedeuteten Unterschiede im Bau des jugendlichen Ge-

hirns — ausgenommen die Zufälligkeit*), daß hier, ohne den Vergleich wesentlich zu beeinträchtigen, das Knabengehirn kleiner war als das Mädchengehirn — als für Knaben und Mädchen typisch bezeichnen kann**). Die psychologische Deutung des anatomischen Tatbestandes wird vielleicht in der Folgezeit noch wechseln und vielfach korrigiert werden; aber so viel sieht man jetzt schon: das hohe Ziel der Gehirnforschung, auch für die verwickelteren psychischen Vorgänge die physiologischen Parallelvorgänge aufzufinden, um dadurch erst ein naturgetreues Bild von dem Wirken des Menschengeistes entstehen zu lassen, erscheint nicht mehr wie früher in trostlosen Perspektiven. Feste Richtlinien sind in der Neuzeit ohne Zweifel gewonnen worden, Richtlinien, die in absehbarer Zeit schon sicherere Resultate erhoffen lassen. Den gleichen Eindruck gewinnt man nun aber auch, wenn man nicht, wie es Flechsig tat, den Faserverlauf im Rindenweiß studiert und durch Verfolgung des Endverlaufs der Bahnen zur Abgrenzung von Feldern auf der Oberfläche des Gehirns gelangt (Markfasermethode oder Feldermethode), sondern sein Augenmerk einmal auf die Ergebnisse richtet, die durch Zerlegen des Rindengraus nach der Tiefe zu in mikroskopisch dünne Zellschichten gewonnen worden sind (Zellenmethode oder Schichtenmethode).

*) Im allgemeinen ist nämlich das Gehirn des Mannes größer und schwerer als das der Frau. Der bekannte Leipziger Patholog Marchand äußert sich auf Grund zahlreicher, von ihm selbst ausgeführter Wägungen hierüber wie folgt: »Was endlich das vielbesprochene Verhältnis des Gehirngewichts bei den beiden Geschlechtern anlangt, so geht aus meinen Untersuchungen mit Sicherheit hervor, daß das geringere Gehirngewicht des weiblichen Geschlechts nicht oder wenigstens nicht allein von der geringeren Körpergröße des Weibes abhängt, denn das mittlere Gehirngewicht der Frauen ist ohne Ausnahme geringer als das der Männer von gleicher Körpergröße. Es müssen also noch andere Bedingungen dabei eine Rolle spielen. Die geringere Körpermasse des weiblichen Körpers dürfte dabei nicht von Bedeutung sein, denn diese geht ja im allgemeinen mit der Körpergröße parallel. Das Körpergewicht kann jedenfalls nicht als Maßstab dienen, da es je nach dem Ernährungszustand in weiten Grenzen wechselt. Es bleibt wohl nur die Annahme, daß das geringere Gehirngewicht des Weibes ein Ausdruck einer anderen Organisation des weiblichen Körpers überhaupt ist, an der auch das Gehirn seinen Anteil hat. In der Wachstumsperiode erfolgt die Zunahme des mittleren Gehirngewichts anfangs ziemlich entsprechend der Körpergröße, ungefähr bis zu einer Länge von 70 cm, unabhängig vom Alter und Geschlecht; später ist die Zunahme ungleichmäßiger; das weibliche Gehirn bleibt hinter dem männlichen immer deutlicher zurück.« (Marchand, »Über das Hirngewicht des Menschen«, Biol. Zentralblatt Bd. XXII. 1902 und Abhandlungen der Kgl. Sächs. Ges. der Wissenschaften, math.-phys. Kl., Bd. XXVII. 1902.)

**) Flechsig, »Einige Bemerkungen über die Untersuchungsmethoden der Großhirnrinde, insbesondere des Menschen«. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1905.

6. Der mikroskopische Bau der Rinde im Zusammenhang mit den psychischen Leistungen.

Für die mikroskopische Untersuchung der Rinde hinsichtlich ihrer Aufbauelemente ist die Benutzung von Schnitten aus dem Gesamthirn nicht mehr zweckmäßig. Wegen der Gefahr des Zerreißens bei der Herstellung so großer Flächen wird man nie unter ein gewisses Maß von Schichtstärke herabgehen können. Möglichst dünne Schnitte sind aber beim Mikroskopieren schon im Interesse einer intensiven Beleuchtung unbedingt erforderlich. Nun kommt bei sehr hohen Vergrößerungen die Flächenausdehnung des Präparates deshalb gar nicht mehr in Frage, weil, je stärker die Vergrößerung ist, desto kleiner der Bezirk wird, den die Mikroskoplinse vom Präparat noch sehen läßt. Für die Untersuchung der Aufbauelemente genügen daher feine Schnitte aus der Rinde in Größe von etwa 1 qcm vollständig. Schon im Jahre 1858 hatte nun Gerlach bemerkt, daß die einzelnen Bestandteile des Präparates besser gegeneinander kontrastierten, wenn man dieses vorher mit Karmin rot gefärbt hatte, mit anderen Worten: Einige Teile nahmen die Farbe besser an als andere. 1883 entdeckte Golgi, daß, wenn man nur den entsprechenden Farbstoff anwendet, immer einzelne Elemente der Nervensubstanz deutlicher hervorgehoben werden können als andere (elektive Färbung). So war es ihm gelungen, durch Chromsilber die Zellen und ihre Ausläufer schwarz erscheinen zu lassen (Fig. 64), und 1884 zeigte Weigert, daß es durch Hämatoxylinfärbung möglich sei, das allerfeinste Faserwerk im Gehirn blauschwarz sichtbar zu machen (Fig. 26). Zwei Jahre später endlich, 1886, fand Ehrlich einen Farbstoff, der bei intensiver Färbung alles dessen, was zum Nervensystem gehört, die Bestandteile des übrigen Organismus vollständig unberührt läßt. Spritzt man einem Regenwurm jenen Farbstoff, Methylenblau, in das Blut und tötet ihn dann nach einigen Stunden, so hebt sich in den hergestellten Dünnschnitten das Nervensystem bis in seine feinsten Verästelungen hinein intensiv hellblau ab vom gesamten übrigen Präparatbestand. Zuerst noch mißtrauisch gegen diese »Kunstprodukte« der Färbetechnik und sie vielfach noch ansprechend als »Symbole der Wirklichkeit«, mußten im Lauf der Jahre selbst die größten Zweifler zugestehen, daß wir heute auf Grund ausreichend exakter Forschungen doch in der Lage sind, uns eine Vorstellung vom Aufbau des Gehirns aus seinen Elementen zu machen. Welchen Aufschluß geben aber nun solche Untersuchungen über die feinere Struktur des Gehirns?

Die Hirnrinde besteht zum großen Teil aus einem filzartig dichten Fasergewirr, dem Stützgewebe (Neuroglia), welches gewissermaßen das Skelett des Ganzen bildet. In den Maschen und Hohlräumen dieser Gerüstsubstanz sind eingebettet die Ganglienzellen, deren schaumiger Inhalt (Protoplasma) die eigentliche Energiequelle für die geistige Tätigkeit darstellt. Schon eine schwache mikroskopische Vergrößerung läßt erkennen, daß diese Zellen in Schichten abgelagert sind, die parallel zur Oberfläche des Gehirns verlaufen und in denen sie sich bald locker aneinander reihen (Fig. 62 u. 63), bald dichter und zu Haufen zusammendrängen (Zellennester [Fig. 58] oder Ganglienknoten). Untersucht man nun die Rinde auf ihre Schichtung hin an verschiedenen Stellen des Gehirns, so ergeben sich ganz wesentliche Unterschiede.

1. Innerhalb der grauen Rinde wechselt zunächst die Anzahl der Schichten. Die Rinde der hinteren Zentralwindung enthält acht Schichten (Fig. 62), die der Sehrinde dagegen neun Schichten (Fig. 63), während in den knospenartigen Zellenhaufen des Gyrus hippocampi (Fig. 58) die Schichten nahezu regellos ineinander übergehen. In der vorderen Zentralwindung fehlt die sog. Körnerschicht, und mächtige Pyramidenzellen (Fig. 66) treten dafür auf; in der benachbarten hinteren Zentralwindung dagegen fehlen die Pyramidenzellen, und die Körnerschicht ist wieder da.

2. Innerhalb der grauen Rinde wechselt aber auch die Stärke der einzelnen Schichten. So ist die Schicht der großen Pyramidenzellen im Stirnhirn und Scheitelhirn die stärkste der ganzen Rinde, und in der Hörrinde (Hörzentrum im ersten Schläfenlappen) überragen die einzelnen Schichten die an anderen Stellen an Mächtigkeit um das doppelte.

3. Innerhalb der grauen Rinde wechseln ferner die Zellform und Zellenart. So sind für den Gyrus hippocampi Pyramidenzellen (Fig. 58), für die vordere Zentralwindung Riesenpyramidenzellen (Fig. 66), für das Hörzentrum Spindelzellen und für das Sehzentrum Sternzellen (Fig. 64) typisch.

4. Innerhalb der grauen Rinde wechselt endlich auch der feine Faserverlauf, welcher den Kontakt bzw. die Verbindung innerhalb der Schichten aufrecht erhält. So zeichnet sich das Sehzentrum durch ein Fasergeflecht, den Vicq d'Azyrschen Streifen aus, welches sonst nirgends in der Rinde wieder angetroffen wird.

Wir müssen aus alledem schließen, daß die Hirnrinde der Anforderung einer weitgehenden Arbeitsteilung bereits in ihrem anatomischen Bau entspricht. Aber, und das ist psychologisch besonders interessant, die beschriebenen Unterschiede entwickeln sich — nach Forschungs-

ergebnissen von BRODMANN — erst nach der Geburt aus der vorher ganz gleichartigen Rinde.

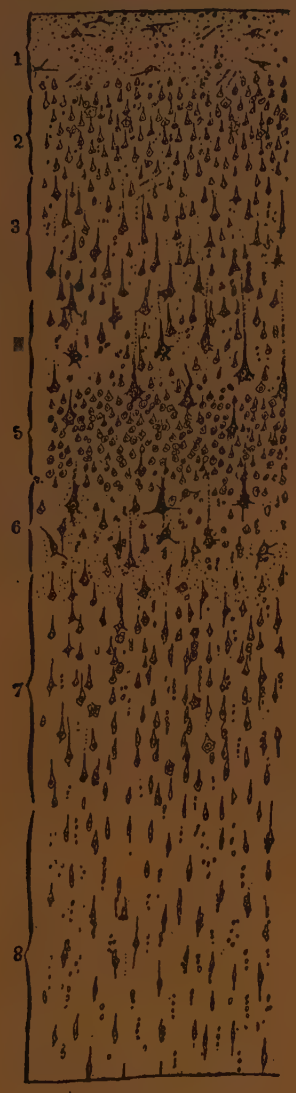


Fig. 62.

Fig. 63.

Fig. 62. Schnitt aus der hinteren Zentralwindung. Nach RAMON Y CAJAL.
1 = Plexiforme Schicht. 2 = Kleine, 3 = mittelgroße Pyramiden. 4 = Große äußere Pyramidenzellen. 5 = Kleine Pyramiden und Sternzellen. 6 = Große tiefe Pyramiden. 7 = Schicht der Spindel- und dreieckigen Zellen. 8 = Tieferer Teil dieser Schicht.

Fig. 63. Schnitt aus der Sehrinde des Menschen. Nach RAMON Y CAJAL.
1 = Plexiforme Schicht. 2 = Kleine, 3 = mittelgroße Pyramiden. 4 = Schicht der großen Sternzellen. 5 = Kleine Sternzellen. 6 = Kleine Pyramiden mit aufsteigenden Achsenfasern. 7 = Riesenpyramiden. 8 = Pyramiden mit gebogener, aufsteigender Achsenfaser. 9 = Spindelförmige Zellen.

In Fig. 62 u. 63 erscheinen nur die Zellen selbst elektiv gefärbt. Wir nehmen jetzt einen Schnitt aus der Sehrinde des Menschen, färben ihn, um

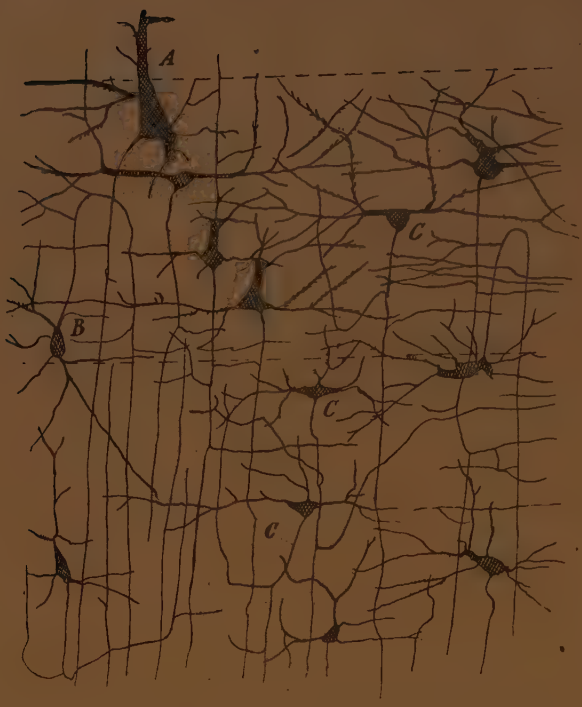


Fig. 64. Sternzellenschicht aus der Sehrinde des Menschen. Nach Ramon y Cajal.
A = Pyramidenzellen. *B* = Schaltzellen. *C* = Sternzellen.

auch die Zellenausläufer sehen zu können, nach Golgi mit Chromsilber, und stellen nun am Mikroskop gleich eine stärkere Vergrößerung ein, die uns die Sternzellenschicht (4 in Fig. 63) erkennen lassen soll. Wir erhalten das Bild der Fig. 64. Aber wir sehen immer noch nicht genug; wir vergrößern weiter und so stark, daß überhaupt nur noch eine einzige Ganglienzelle im Gesichtsfeld erscheint. Fig. 65 bildet drei solcher Einzelzellen samt ihren Ausläufern ab, und Fig. 66 stellt eine isolierte Pyramidenzelle dar. Gewaltig erschien der Fortschritt, als es der vorzüglichen mikroskopischen Technik Ramon y Cajals (Madrid) zum erstenmal gelungen war, so tief in die Aufbauelemente des Gehirns

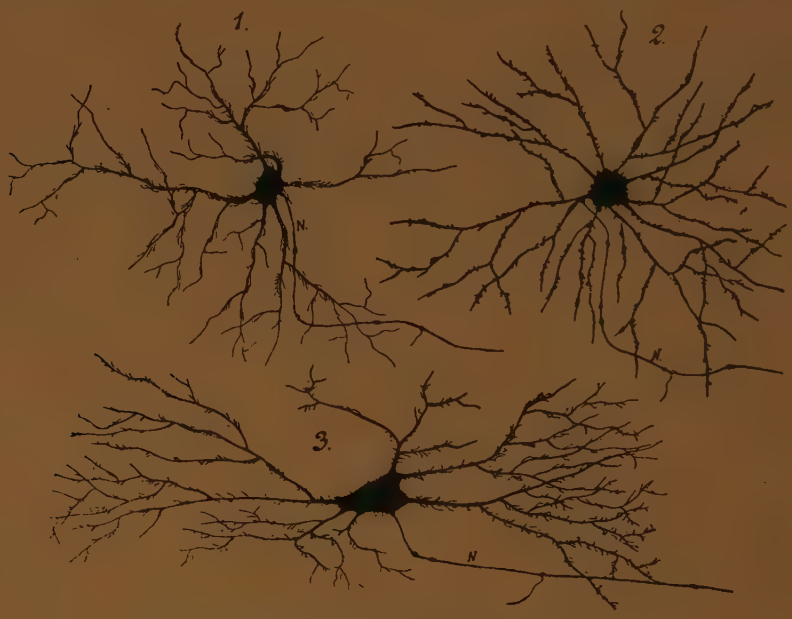


Fig. 65. Isolierte Ganglienzellen. Nach Ramon y Cajal.
N = Neurit. Alle übrigen Ausläufer sind Dendriten.

vorzudringen. War doch damit für die Erklärung der Gehirnvorgänge eine der wichtigsten Vorbedingungen erfüllt: die Auffindung der »anatomischen Einheit«. Bei näherer Betrachtung bestehen diese wunderbaren Naturgebilde, die der Berliner Anatom WALDEYER »Neuronen« nannte, aus der Ganglienzelle und einer doppelten Art von Ausläufern. Nach der einen Seite hin verläuft ein wenig verzweigter Ausläufer (*N* in Fig. 65 und

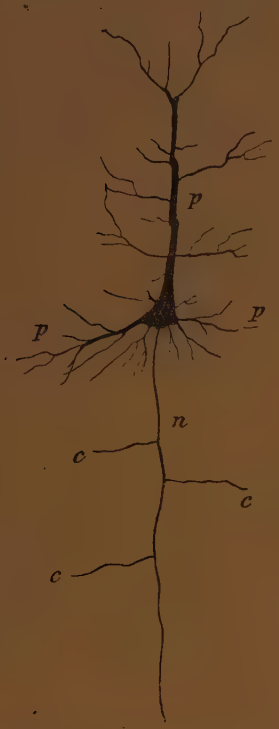


Fig. 66. Riesenpyramidenzelle aus der vorderen Zentralwindung des Menschen. *pp* = Dendriten. *n* = Neurit. *cc* = dessen Collaterale (Seitenverzweigung). Nach RAMON Y CAJAL.

Fig. 67. Einzelne Zellen und Faserverbindungen aus der vorderen Zentralwindung des Menschen. Nach RAMON Y CAJAL. *A* = Große Pyramiden mit nach oben gerichteten Dendriten und nach abwärts gerichteten Neuriten. *B* = Schaltzellen, vielleicht Mittelglieder von Assoziationsfasern. *D* = Endverzweigungen aufwärts gerichteter Neuriten.

n in Fig. 66), der Neurit, der, wenn das Neuron zufällig an der Grenze von Rindengrau und Marksubstanz liegt, direkt in den Achsenzylinder der Nervenfaser übergeht und deshalb auch Achsenzylinderfortsatz heißt. Auf der entgegengesetzten Seite der Zelle nehmen baumartig verästelte Ausläufer, die deshalb Dendriten heißen und sich als Protoplasmafortsätze aus dem Innern der Zelle erwiesen haben, ihren Ursprung. In der Sprache der Telegraphie geredet, sind für Nervenreize die Dendriten die Empfänger und die Neuriten die Sender. Der Dendrit

fängt den ankommenden Reiz auf und gibt ihn weiter an die Ganglienzelle, während der Neurit die weitere Fernleitung übernimmt bis hin zum Dendriten einer Nachbarzelle oder auch bis in den Achsenzylinder einer markumhüllten Nervenfaser hinein. Aber nirgends sehen wir zwischen den Neuronen unmittelbare Verbindung, sondern überall lediglich Berührung, Anlagerung, Kontakt — das Neue, was Waldeyer, gestützt auf die geniale Präparierkunst Ramon y Cajals, der Mitwelt in seiner »Neuronentheorie« eröffnen konnte. Unendlich viel war damit gewonnen. Zum erstenmal durfte man sich getrauen, von »sinnlich wahrnehmbaren Grundlagen der Einheit des Seelenorgans« zu reden. Gleichwohl hat Waldeyer nicht das letzte Wort behalten. Es gelang nach vielen fruchtlosen Versuchen auch das Dunkel des Zellinhalts aufzulichten. Nissl wies im schaumigen Zellinhalt eigenartige, körnige Einlagerungen (Nissl-Schollen) nach, die man heute für Energiespeicher erklärt, da ihre Anzahl und Größe wechselt, je nach der Inanspruchnahme und dem Kraftverbrauch in der Zelle. Daß es wirklich die Tätigkeit der Zelle und nichts anderes ist, was die Nissl-Schollen aufbraucht, geht aus Tierexperimenten einwandfrei hervor, die G. M. Holmes*) gemacht hat. Strychnin ist für den lebenden Körper ein so starkes Gift, daß es, in die Blutbahn gebracht, absolut tödlich wirkt, und zwar geht das Lebe-

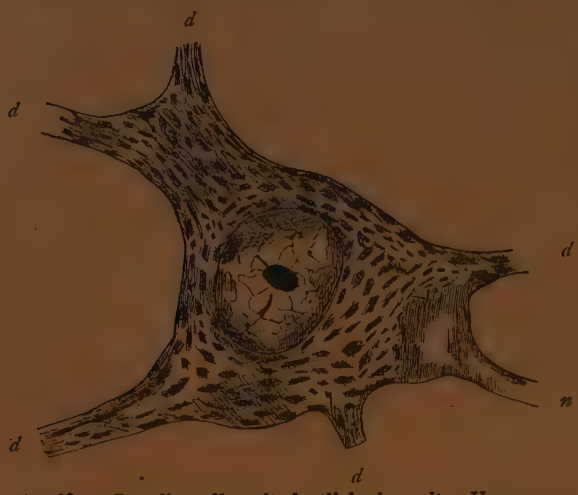


Fig. 68a. Ganglienzelle mit deutlich doppelter Ursprungsform der Ausläufer und zahlreichen Schollen im Innern. Nach Nissl. *n* = Neurit. *dd* = Dendriten.

Fig. 68b. Ganglienzellen vom Frosch durch Strychninkrampf von verschieden langer Dauer verschieden stark erschöpft. Nach G. Holmes. 1. Normal. 2. Nach 2 Stunden. 3. Nach 5¼ Stunden. 4. Nach 11 Stunden Krampfdauer.

*) On morphological changes in exhausted ganglion cells. Z. f. a. Phys. 1903. Bd. 2.

wesen an Krämpfen zugrunde, die um so länger anhalten, je schwächer die Giftdosis war. Man hat es also in der Hand, etwa einen Frosch durch Strychnin sofort zu töten oder durch Anwendung dünner Lösungen erst nach Stunden sterben zu lassen. Die Untersuchung der Nervenzellen solcher mit Strychnin vergifteter Frösche ergab nun das in Fig. 68b wiedergegebene Bild, in welchem man alle Zwischenstadien des Aufbrauchs der Schollensubstanz finden kann. Setzt man die schwer vergifteten Tiere in Eiswasser, wo alle Krämpfe ausbleiben, so ändert sich trotz des im Blute kreisenden Strychnins die Zellstruktur nicht. Das Krampfen, die Tätigkeit allein verbraucht also die in den Zellen eingeschlossenen Körner. Die Tatsache, daß diese Schollen die Eintrittsstellen der Dendriten regelmäßig dichter umlagern als die Ursprungsstelle der Neuriten (Fig. 68a), macht es sogar wahrscheinlich, daß den Dendriten doch vielleicht auch eine Funktion im Dienste der Zellenernährung zukommt, zumal bekannt geworden ist, daß für die Reizleitung vermutlich noch ein zwischen den Nissl-Schollen gelegenes Faserwerk oder Fibrillennetz in Frage kommt (Fig. 69). Es steht heute fest, und wir verdanken diese wissenschaftliche Erkenntnis vor allem dem Leipziger Anatomen Held, daß, zum mindesten bei den niederen Tieren, Fibrillen sicher aus einer Zelle in die andere hinüberziehen und dort gelegentlich auch mit dem Zellkern verschmelzen. Wie dem auch sei — die Einheit der körperlichen Grundlage für den Menschengeist ist und bleibt durch Kontakt der anatomischen Elemente (Neuronentheorie) ebenso gewahrt wie durch unmittelbare Verbindung (Fibrillentheorie).

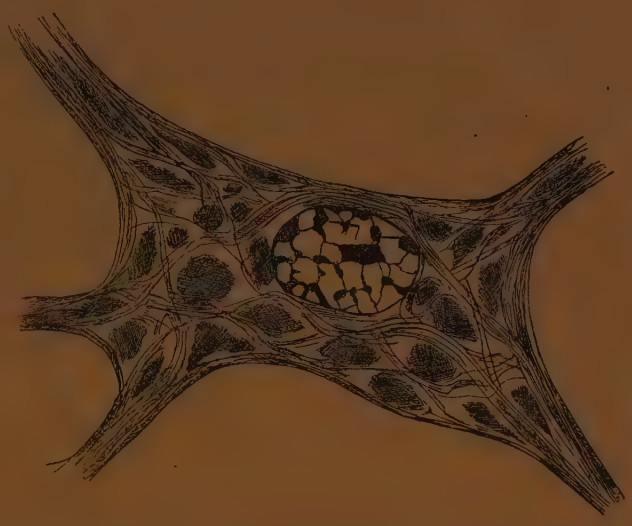


Fig. 69. Das Innere einer Ganglienzelle mit deutlich sichtbarem Fibrillennetz zwischen den Schollen. (Anilinfärbung nach Bethe.)

V. Die Ausbreitung der Nerven im peripheren Nervensystem und die wichtigsten Verbindungsbahnen zwischen Großhirn und Rückenmark.

Peripheres und zentrales Nervensystem — Dorsalstränge des Rückenmarks — die 12 Hirnnervenpaare — die Pyramidenbahn.

Sorgfältige Untersuchungen über die Entstehung und Entwickelung des Nervensystems in der allerersten Keimanlage haben ergeben, daß das Nervensystem sich aus der Zellschicht herausformt, die das Integument oder die Decke des Embryos bildet. An der zellenreichsten Stelle des Überzugs bildet sich eine Rinne, deren aufgeworfene Ränder sich später zu einer Röhre, dem Medullarrohr, schließen. Wir haben bereits gesehen, wie aus dem Medullarrohr das zentrale Nervensystem (Rückenmark, Kleinhirn, Mittelhirn, Zwischenhirn, Großhirn) entsteht. Aber auch außerhalb des Medullarrohrs liegen noch zahlreiche Nervenzellen zerstreut, die in ihrer Entwickelung sich verschieden verhalten. Entweder vergesellschaften sich benachbarte Nervenzellen zu einheitlichen Gebilden Ganglienknoten, die eine ganz bestimmte Funktion ausüben bzw. durch Einübung erwerben und lebenslänglich behalten — das ist bei vielen niederen Tieren der Fall, und die Kenntnis solcher selbständig fungierender Nervenknoten läßt es uns nicht mehr so verwunderlich erscheinen, wenn ein winziges Stückchen Hinterleib von der Biene noch vom Stachel regulären Gebrauch macht; oder aber die im Körper zerstreuten Nervenzellen gewinnen durch Ausläufer Anschluß an das zentrale Nervensystem im Medullarrohr, dann pflegen sie nur bis zu einem gewissen Grade selbständige Funktionen zu entwickeln und ordnen sich nach dem Prinzip der Arbeitsteilung dem Ganzen unter — so ist es der Fall beim Menschen. Die individuelle Entwickelung, die beim Menschen besonders gut studiert worden ist, bietet in den allerersten Anfängen schon überaus interessante Einzelheiten. Wo man auch immer sensorische Nervenzellen in ihrer Entwickelung beobachten konnte, da lagen sie außerhalb des Medullarrohrs und sandten ihre Ausläufer hinein in das zentrale Nervensystem, und wo man motorische Nervenzellen sich entwickeln sah, da waren

sie im Medullarrohr gelegen und schickten feine Nervenfäden hinaus nach der Peripherie des Körpers (EDINGER). Der später verschiedenen, sensorischen bzw. motorischen Funktion entspricht also auch hier anatomisch bereits eine verschiedene Veranlagung. Die ganze Nervensubstanz nun, die wir außerhalb des Medullarrohres vorfinden, die also nicht innerhalb des zentralen Nervensystems gelegen ist, gehört zum peripheren Nervensystem. Das durch den Körper verbreitete Nervennetz mit seinen zahllosen Verästelungen ist aber nun viel reicher, als man früher auch in der Wissenschaft annehmen zu müssen glaubte. Es würde daher weit über den Rahmem des vorliegenden Buches hinausgehen, dieses periphere Nervensystem auch nur einer oberflächlichen Durchsicht zu unterziehen. Hier sollen nur die Ursprungs- und Endstellen (Wurzeln) der allerwichtigsten peripheren Hirn- und Rückenmarksnerven Erwähnung finden und insbesondere noch dargetan werden, in welcher Weise die Zusammenfassung der zahlreichen Nervenwurzeln zu einheitlicher Funktion erfolgt.

Fig. 70. Schema für den Aufbau der Dorsalstränge im Rückenmark. Nach EDINGER.

Die Zusammenfassung der meisten Rückenmarksnerven, welche der Sensibilität des Körpers dienen, geschieht auf der Rückenseite des Markes durch die Hinterstränge (Fig. 70). Alle sensiblen Rückenmarksnerven treten durch die Zwischenwirbellöcher in die hinteren Wurzeln des Rückenmarkes ein und steigen innerhalb des Rückenmarkes aufwärts. Jeder hinteren Wurzel ist ein ganz bestimmtes Gebiet des Körpers als »Wurzelareal« funktionell zugeordnet. So streng ist die Zuordnung, daß bei bestimmten Ausfallserscheinungen, falls keine Schädigung des peripheren Nervensystems vorliegt, auf die Erkrankung des Rückenmarkes in ganz bestimmter Höhe zu schließen ist. So läßt z. B. totale Unempfindlichkeit der ganzen Außenseite des Armes von der Schulter bis zum Daumen mit Sicherheit die Erkrankung des Rückenmarkes in Höhe der fünften Wurzel erkennen. Eine Tatsache bedarf bei der Durchsicht des sensorischen Nervenapparates noch der besonderen Hervorhebung. Trotz des großen Faserreichtums in den Dorsalsträngen gelangen keine Fasern direkt bis in die hintere

Zentralwindung, das Rindenzentrum der Körpersensibilität. Schon außerhalb des zentralen Nervensystems sind in die sensiblen Bahnen Nervenknoten, sog. Spinalganglien (Fig. 3), eingeschaltet. Aber auch im Rückenmark und vor allem im verlängerten Mark treten immer wieder graue Kerne unterbrechend in die Bahn, bis endlich der mächtigste Zwischenknoten, die sog. Seh-

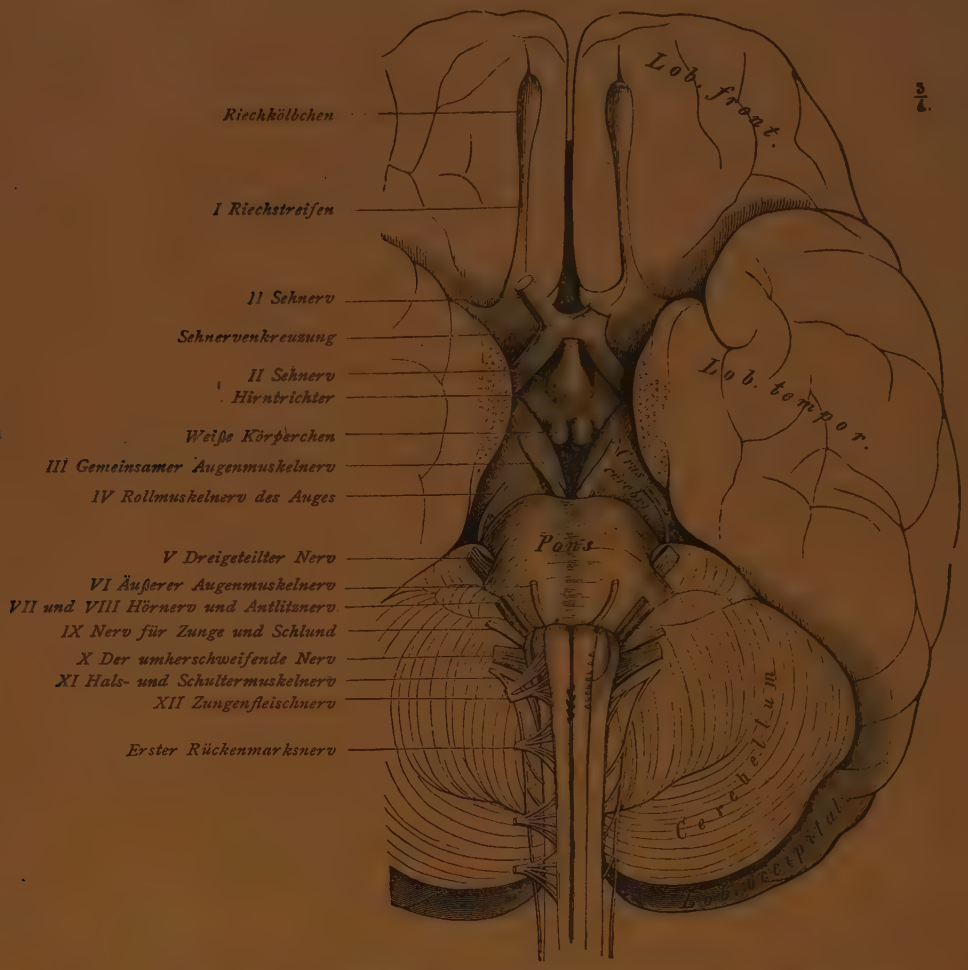


Fig. 71. Austrittsstellen der Hirnnerven an der Basis des Gehirns. Nach GEGENBAUR. 3/4 der natürlichen Größe. Lobus frontalis = Stirnlappen, Lobus temporalis = Schläfenlappen, Lobus occipitalis = Hinterhauptlappen, Crus cerebri = Hirnschenkel, Pons = Brücke, Cerebellum = Kleinhirn.

hügel, den größten Teil der sensiblen Bahnen aufnimmt und nun seinerseits wieder reiche Faserzüge als Stabkranz (Taststrahlung) nach der hinteren Zentralwindung entsendet. Ein wichtiges energetisches Prinzip scheint diesem Verhalten zugrundezuliegen. Nicht jeder geringfügige Reiz gelangt zur Zentralstation. Die Zwischenschaltungen bewirken ein Verzögern, Zurückhalten und gleichzeitig wohl auch ein Aufspeichern des Reizes bis zu einer

gewissen Reizhöhe. Ist diese erreicht, dann erst erfolgt explosionsartig die Entladung, sodaß unter Umständen aus scheinbar geringen Anlässen recht

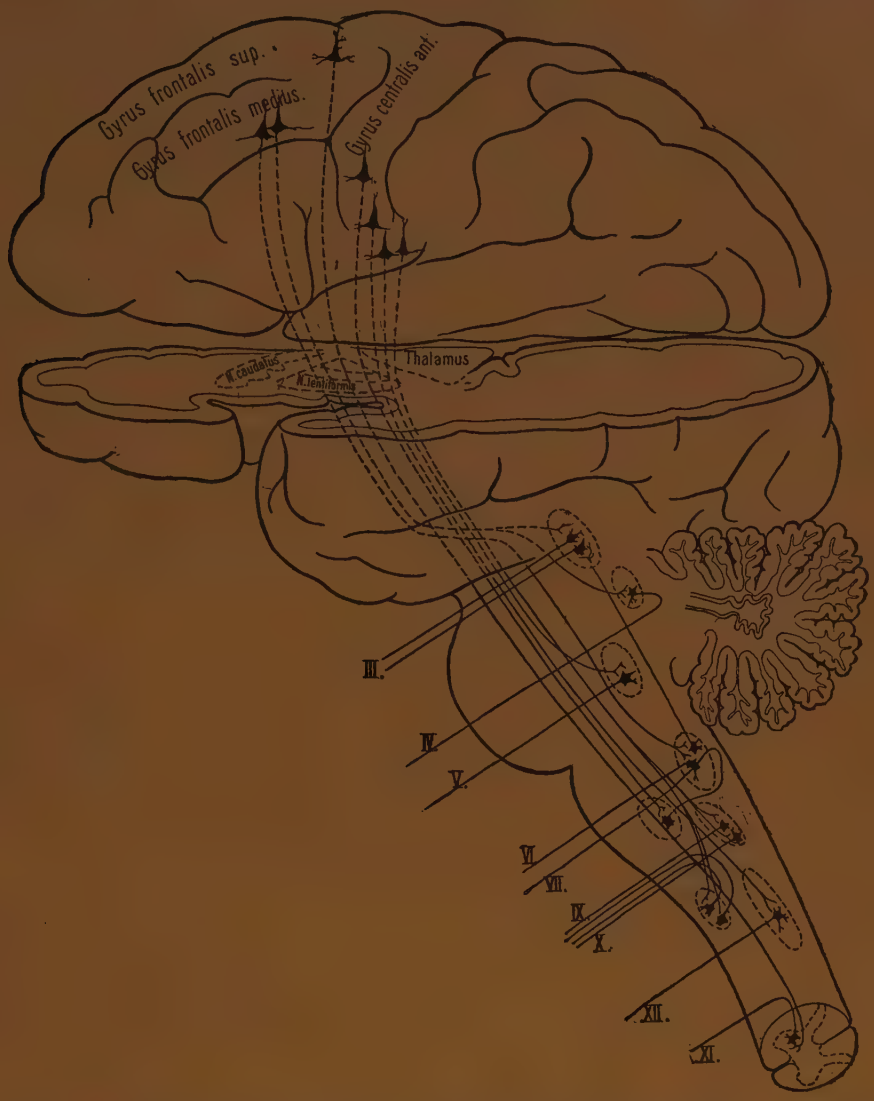


Fig. 72. Ursprungsstellen und intracerebrale Bahnen der motorischen Hirnnerven. Nach BECHTEREW. Gyrus frontalis superior = I. Stirnwindung. Gyrus frontalis medius = II. Stirnwindung. Gyrus centralis anterior = Vordere Zentralwindung. Thalamus = Sehhügel. Nucleus caudatus = Geschwänzter Kern oder Schweifkern. Nucleus lentiformis = Linsenkern. *III* = Gemeinsamer Augenmuskelnerv. *IV* = Rollmuskelnerv des Auges. *V* = Dreigeteilter Nerv. *VI* = Äußerer Augenmuskelnerv. *VII* = Antlitznerv. *IX* = Zungen- und Schlundkopfnerv. *X* = Der umherschweifende Nerv. *XI* = Hals- und Schultermuskelnerv (Schreinerv). *XII* = Zungenfleischnerv.

beträchtliche und komplizierte Wirkungen entstehen können. So erklärt sich wohl auch bis zu einem gewissen Grade die oft erstaunliche Zusammengesetztheit der Reflexe.

Im Gegensatz zu den Rückenmarksnerven nennt man alle Nerven, die in den grauen Kernmassen des verlängerten Markes oder in höher gelegenen Hirnteilen enden bzw. ihren Ursprung nehmen, Hirnnerven. Deren gibt es 12 Paare. Sie werden nach Sömmering von oben nach unten gezählt und mit römischen Ziffern bezeichnet. Fig. 71 zeigt die Hirnnervenwurzeln und Fig. 72 ihre Verbindungsbahnen mit der Großhirnrinde. Drei von diesen Nerven sind spezifische Sinnesnerven für Riechen, Sehen und Hören (I, II und VIII); sechs sind beim Erwachsenen motorischer Natur (III, IV, VI, VII, XI und XII); drei sind gemischte Nerven (V, IX und X), und der IX. ist mit dem größeren Teil seiner Fasermasse wiederum spezifischer Sinnesnerv für den Geschmack.

I. Der Riechnerv (Nervus olfactorius) wird gebildet von feinen Nervenfasern, die in der Schleimhaut der Nase ihren Ursprung nehmen, das knöcherne Siebbein des Schädels im Hintergrund der Nase durchsetzen und von unten her direkt an das Riechkölbchen an der Basis jeder Hirnhemisphäre herantreten, um dann im Riechstreifen (Tractus olfactorius) nach dem Gehirn geleitet zu werden (vgl. Fig. 29).

II. Der Sehnerv (Nervus opticus) ist in seinem Verlauf bereits früher geschildert worden (vgl. S. 15 und Fig. 44). Hier sei nochmals an die Sehnervenkreuzung (Chiasma opticum) erinnert. Nahe der Kreuzungsstelle befindet sich der Hirntrichter (Infundibulum), an dem bei unverletztem Gehirn noch ein kleines kugeliges Gebilde, der Hirnanhang (Hypophysis) hängt (losgetrennt in Fig. 71, unversehrt erhalten in Fig. 7). Die Hypophyse ist eine Drüse mit innerer Sekretion, d. h. sie gibt Säfte an das Blut ab, die auf Stoffwechsel und Wachstumsvorgänge Einfluß haben. Während der Schwangerschaft schwillt die Hypophyse mächtig an, und ganz im allgemeinen haben Frauen eine größere Hypophyse als Männer. Bei Verlust der Hypophyse in der Jugend (etwa durch Operation) entsteht Zwergwuchs und umgekehrt hat Wucherung der Hypophysensubstanz Riesenwuchs zur Folge.

III. Der gemeinsame Augenmuskelnerv (Nervus oculomotorius) und

VI. Der Rollmuskelnerv des Auges (Nervus trochlearis).

Der Okulomotorius entspringt an der Grenze zwischen Hirnschenkel und oberem Brückenrand, der Trochlearis auf der Dorsalseite des verlängerten Markes unterhalb der Vierhügel und oberhalb der Rautengrube (vgl. Fig. 11). Okulomotorius- und Trochlearisnerv dienen zur Bewegung des Auges und besitzen für die willkürliche Innervation ein besonderes Zentrum in der Rinde (2. Stirnwindung).

V. Der dreigeteilte Nerv (Nervus trigeminus) kommt mit allein 50 sensiblen Wurzelbündeln an der Grenze zwischen Brücke und Brückenarm zum Vorschein. So zusammengesetzt sein anatomischer Bau ist, so zusammengesetzt ist auch seine Funktion. Seine Äste gehen zum vorderen Teil der Zunge, zur Stirn-, Nasen- und Unterkieferhaut, zur Wange und zur Wangenschleimhaut (sensorische Portion), zu den Muskeln des Unterkiefers (motorische Portion), zu den Tränen- und Speicheldrüsen (sekretorische Portion). Nur auf die Kaubewegungen sei hier ausdrücklich hingewiesen und auf die interessante Tatsache, daß bei der Maus und dem Maulwurf der Trigeminusapparat weit mächtiger entwickelt ist als in dem etwa gleichgroßen Gehirn der Fledermaus. Der Lebensweise dieser Tiere erscheint das vollkommen angepaßt, wenn man erfährt, daß

der Trigeminus auch das feine Tastwerk an der Schnauze, nämlich die Spürhaare, bedient. Daher bringt die Maus den Trigeminusapparat in vollständig ausgereiftem Zustande mit auf die Welt.

VI. Der äußere Augenmuskelnerv (Nervus abducens) unterstützt den Okulomotorius und den Trochlearisnerv bei der Innervation von Augenbewegungen. Ihm liegt im besonderen die Seitwärtswendung der Augen ob. Bei Verletzung des Abducenskernes im verlängerten Mark geht gleichzeitig die Fähigkeit verloren, die Augen kombiniert nach der Seite hin zu drehen. Aus dem Tierreiche ist die Bemerkung von Interesse, daß die Blindmaus (Sphalax typhlops), deren Augen und Augenmuskel total geschrumpft sind, im verlängerten Mark überhaupt keinen Abducenskern besitzt (EDINGER).

VII. Der Antlitznerv (Nervus facialis) verläßt das verlängerte Mark in der Furche zwischen Brückenarm und Olive. Er registriert und innerviert die mimischen Bewegungen des Gesichts, geht also nach den Lippen und den Nasenflügeln, bewirkt das Stirnrunzeln und schließt das Auge. Im Elephantengehirn ist sein Rindenzentrum im unteren Teile der vorderen Zentralwindung besonders reich ausgestaltet — wegen des Rüssels, mit dem dieses Tier die Geschicklichkeit einer Hand verbindet.

VIII. Der Hörnerv (Nervus acusticus) weist zwei Bestandteile auf, die besonders auch hinsichlich der zentralen Nervenbahnen auseinander zu halten sind: den Gehör- oder Schneckennerv (Nervus cochlearis), dessen Rindenzentrum in der ersten Schläfenwindung zu suchen ist, und den Vorhofsnerv (Nervus vestibularis), der durch die unteren Kleinhirnstiele (Corpus restiforme) sein Faserwerk nach dem Gleichgewichtsorgan des Kleinhirns sendet. An den Gehirnen von Taubstummen hat man wiederholt bei vollem Intaktsein des peripheren Akustikusstammes eine sehr merkliche, ja selbst vollständige Schrumpfung des oberen Schläfenlappens (Hörzentrum) konstatieren können. Dabei war auffällig, daß von dem Schwund nur die linke Hemisphäre betroffen war.

IX. Der Zungenschlundkopfnerv (Nervus glossopharyngeus) ist mit dem größeren Teil seiner Fasermassen wieder Sinnesnerv und zwar für den Geschmack. Drei Nerven teilen sich in die Schmeckfunktion: der Nervus lingualis (ein Ast vom Trigeminus), der Nervus glossopharyngeus und der Nervus vagus. Ersterer versorgt, wie bereits erwähnt, die vordere Partie (etwa $^{2}/_{3}$) der Zunge, der Glossopharyngeus die hinteren Teile, den Zungengrund und weichen Gaumen mit Geschmacksfasern. Die Geschmacksknospen des Kehldeckels und Kehlkopfes scheinen vom Vagus innerviert zu werden. Die Erklärung der Tatsache übrigens, daß sich »Geschmacksknospen«, das sind nervöse Aufnahmeorgane für Geschmacksreize, auch in der Schleimhaut des Kehlkopfes vorfinden, an Stellen also, die normalerweise von Speisen und Getränken nicht berührt werden, stößt heute noch auf Schwierigkeiten. Allgemein nimmt man jetzt an, daß die Schmeckbarkeit gewisser Gase und Dämpfe auf jene Organe zurückzuführen ist.

X. Der umherschweifende Nerv (Nervus vagus) trägt seinen Namen mit Recht insofern, als er nicht ein engbegrenztes Gebiet bedient, sondern ein weites Gebiet des Körpers durchschweift. Er reguliert die Herz- und Atembewegung, bedient Speiseröhre und Magen und beeinflußt durch ein von ihm mitgeführtes motorisches Bündel auch die Stimmuskeln. Seinem ausgedehnten Verbreitungsgebiet entsprechend teilt man den Vagus und seine Äste in einen Kopf-, Hals-, Brust- und Bauchteil ein. Wie die Größe der Hirnnerven in der Tierreihe überhaupt stark wechselt, so ist insbesondere vom Nervus vagus bekannt geworden, daß er im Fischgehirn der mächtigste Nerv ist und einen ausgedehnten Sinnesapparat der Haut ausmacht, der beim Menschen so gut wie verschwunden ist.

XI. Der Beinerv (Nervus accessorius) dient der Hals- und Schultermuskulatur. Beinerv heißt er deshalb, weil er in seinem Verlaufe dem Nervus vagus beigesellt ist. Durch die Innervation der Nackenmuskeln wird er zum Kopfhochhalter und Kopfdreher; vor allem hat er bei den vierfüßigen Tieren die wichtige Aufgabe, zu verhindern, daß der Kopf herabsinkt. Ein Zweig dieses Nerven verläuft nach dem Kehlkopf und funktioniert dort als Stimmbandspanner. Dieser Ast wird deshalb bisweilen als »Schreinerv« bezeichnet.

XII. Der Zungenfleischnerv (Nervus hypoglossus) ist der motorische Nerv der Zungenbewegungen. Er ist deshalb beim Schluckakt hervorragend beteiligt und bildet mit Ästen des Facialis (Lippen) und des Accessorius (Stimmbandspanner) zusammen auch den nervösen Sprechapparat. Die grauen Kerne im verlängerten Mark, aus denen Hypoglossus-, Facialis- und Accessoriusnerv ihren Ursprung nehmen, werden durch die von der Pyramidenbahn mitgeführte Sprachbahn (Tractus cortico-bulbaris) an die Großhirnrinde angeschlossen und können daher vom Sprechzentrum der Rinde (BROCAsche Stelle) aus willkürlich innerviert werden. Bei Unterbrechung dieser Verbindungsbahn zwischen Großhirn und verlängertem Mark oder Erkrankungen der für die Artikulation wichtigen Kerne im verlängerten Mark entsteht eine Sprachstörung, die gewissermaßen das Gegenstück zur Rindenaphasie bildet. Der Patient kann leise für sich lesen, kann schreiben, versteht Gesprochenes und bemüht sich zu sprechen, wobei ihm die richtigen Wortbilder vorschweben — aber das Sprechen gelingt ihm doch nicht, die Sprechmuskulatur ist gelähmt. Diese Sprachstörung heißt man Anarthrie oder auch, weil die Erkrankung der Brücke nicht selten zum Ausgangspunkt dieser Störung wird, Brückenaphasie.

Das Bild der Funktion der sensiblen Dorsalstränge und der 12 Hirnnervenpaare wird wesentlich ergänzt und vervollständigt durch die Kenntnis eines letzten Faserzuges, der, in vier Stränge aufgeteilt, — und zwar mit zwei dünnen Anteilen auf der Vorderseite und zwei weiteren mächtigeren in den Seitenteilen des Rückemarks — verläuft und die Zusammenfassung aller motorischen Nervenzentren darstellt: der Pyramidenbahn oder des Tractus cortico-spinalis. Bedeutend ist diese Bahn nicht allein dadurch, daß sie die größtmögliche Ausdehnung besitzt — sie beginnt in der Hirnrinde und durchläuft das ganze Rückenmark —, auch nicht dadurch allein, daß die Kenntnis ihrer Funktion das Bild wesentlich ergänzt, welches wir uns von der Arbeitsleistung der motorischen Hirn- und Rückenmarksnerven machen konnten, sondern vor allem dadurch, daß die Pyramiden jene Bahn darstellen, durch die der Wille Einfluß auf die subkortikalen Zentren und das Rückenmark gewinnt. Sie ist ganz gewiß nicht die einzige Bahn dieser Art, aber sie ist sicher die bei weitem wichtigste. Die Pyramidenbahn entsteht in der Großhirnrinde aus der Vereinigung zahlreicher Neuriten, die die motorischen Zellen der vorderen Zentralwindung und angrenzender Gebiete entsenden. Die Fasern konvergieren zu einem mächtigen Bündel, welches durch die innere Kapsel (Fig. 14) und den Hirnschenkel zum verlängerten Mark (Fig. 74) und weiterhin zum

Rückenmark absteigt. Welchen Anteil die Pyramidenbahn am Faserwerk des Hirnschenkels hat, kann man deutlich ermessen, wenn man einmal auf die »sekundäre Degeneration« (vgl. S. 72) achtet, die Rindenverletzungen in der motorischen Region des Gehirns zur Folge haben (vgl. Fig. 73). Schon bei der äußerlichen Betrachtung (Autopsie) des frisch herausgenommenen Gehirns hebt sich alsdann die Pyramide der erkrankten Seite grau ab von der weiß gebliebenen der anderen Körperhälfte, und ebenso lassen Querschnitte durch Oblongata und Rückenmark graue Strähnen deutlich erkennen. Wir haben früher bereits gesehen (vgl. Fig. 28), daß die Pyramidenbahnen beider Körperhälften unterhalb der Brücke ihre Fasern zum Teil austauschen (Pyramidenkreuzung). Innerhalb des Rückenmarks verbindet die Pyramidenbahn, aufgelöst in einen Vorder- und einen Seiten-

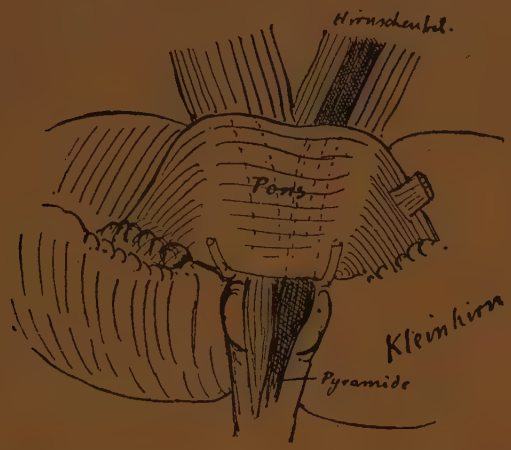


Fig. 73. Entartung der linken Pyramide infolge einer Herderkrankung im Großhirn. Nach EDINGER.

strang, im wesentlichen die motorischen Wurzeln aller jener Nerven untereinander, welche der willkürlich gebrauchten Muskulatur dienen und damit jene Handlungen ermöglichen, die wir als überlegt und eingeübt bezeichnen. Nach Abgabe des für die Innervation der Hände und Arme bestimmten Teiles nimmt ihr Umfang daher erheblich ab, bleibt im Brustmark alsdann wesentlich gleich stark, um nach weiterer Abgabe des nervösen Faserwerks für die Beine im untersten Rückenmark nahezu ganz zu verschwinden. Insbesondere scheinen aber auch die Verbindungen, welche die Pyramidenbahn bei ihrem Verlauf durch die Brücke mit Kleinhirnbahnen eingeht, ganz wesentlich zu sein für die willkürlichen Ortsbewegungen und die räumliche Orientierung des Körpers überhaupt. Fig. 74 zeigt den Verlauf der Pyramidenstränge auf einem Frontalschnitt aus dem Gehirn eines erwachsenen Menschen. In der Tierreihe bildet die Pyramidenbahn unter allen im Hirn-

stamm zusammengefaßten Fasersystemen dasjenige, welches am meisten geeignet ist, einen Maßstab für die Gesamtentwickelung der höheren Zentralorgane abzugeben (WUNDT). Bei den niederen Wirbeltieren fehlen die Pyramiden ganz. Bei den Vögeln erst schwach entwickelt, nehmen sie in der Säugetierreihe, entsprechend der Zunahme der Großhirnrinde, an

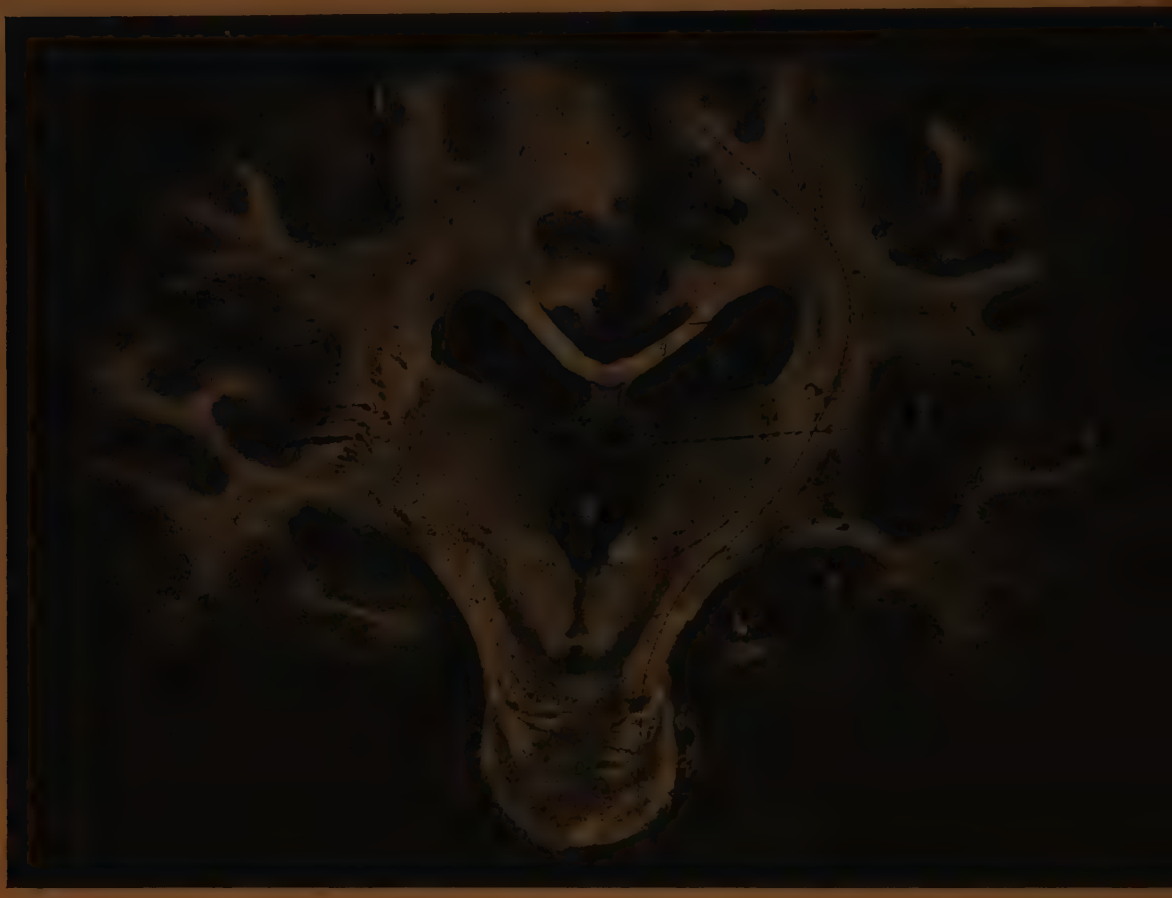


Fig. 74. Verlauf der Pyramidenbahn auf einem Frontalschnitt aus dem Gehirn des Erwachsenen. *B* = Balken, *S* = Sehhügel, *J* = Insel, *Br* = Brücke, *h* = Hippocampus, *III* = mittlerer Ventrikel, *I* und *II* = Seitenventrikel. Eine rechte Vorstellung vom Verlauf des Seitenventrikels gewinnt man, wenn man sich in *I* und *II* die Pole eines Hufeisens aufgesetzt denkt, dessen Rundung sich aus der Bildfläche heraushebt.

Mächtigkeit stetig zu. Bei der Maus nehmen die Pyramidenbahnen in der Mitte des Halsteiles kaum $^1/_{100}$ des gesamten Rückenmarkquerschnittes ein, bei der Katze bereits $^1/_{12}$ und bei einem menschlichen Embryo von 36 cm Länge bereits $^1/_8$ des gesamten Querschnittes. Beim Menschen endlich gesellt sich diesem absteigenden Faserzuge auch die Sprachbahn (Tractus cortico-bulbaris) zu, welche am oberen Brückenrande und zum Teil bereits innerhalb der Hirnschenkel entspringt und nach den grauen Kernen des

verlängerten Markes (Hypoglossus, Facialis und Accessorius) zu verläuft. So wenig die Tiere bisweilen bei krankhaften Schädigungen des Pyramidenzuges einbüßen, zo stark beeinträchtigt erscheint die Bewegungsfreiheit des Menschen bei Störungen in der Pyramidenbahn. Schon in Fällen weniger umfangreicher Verletzungen (Blutungen in der inneren Kapsel) des willkürlichen Gebrauchs der Hände und Gehwerkzeuge beraubt, bisweilen auch noch im Sprechen behindert, machen solche Leute auf uns den Eindruck großer Hilflosigkeit — gleichzeitig ein Beweis dafür, daß es um so schwerer ist, ohne diesen nervösen Apparat auszukommen, je mehr ihm im Laufe der Entwickelung von der Gesamtleistung des Nervensystems übertragen worden ist.

Literaturnachweis.

1. Bechterew, Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark. Leipzig 1899. A. Georgi.
2. Buschan, G., Gehirn und Kultur. Grenzfragen des Nerven- und Seelenlebens. 1906. Bd. VII. Heft 44.
3. Ramon y Cajal, Les nouvelles idées sur la structure du système nerveux, chez l'homme et chez les vertébrés. 1894.
4. Ramon y Cajal, Comparative Study of the sensory areas of the human cortex. Decennial Celebration of the Clark University 1899.
5. Ramon y Cajal, Studien über die Hirnrinde des Menschen: Sehrinde, Bewegungsrinde, Riechrinde. Deutsch von J. Bresler. Leipzig 1900. J. A. Barth.
6. Ramon y Cajal, Trabajos del Laboratorio de Investigaciones Biológicas de la Universidad de Madrid. Tomo III. 1904.
7. Edinger, L., Vorlesungen über den Bau der nervösen Zentralorgane des Menschen und der Tiere. 7. Aufl. Leipzig 1904. F. C. W. Vogel.
8. Edinger, L., Einführung in die Lehre vom Bau und den Verrichtungen des Nervensystems. Leipzig 1909. F. C. W. Vogel.
9. Ferrier, D., Vorlesungen über Hirnlokalisation. Deutsche aut. Übersetzung von M. Weiß. Wien 1892. Fr. Deuticke.
10. Flechsig, P., Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark des Menschen. Leipzig 1876. Wilhelm Engelmann.
11. Flechsig, P., Gehirn und Seele. Leipzig 1896. Veit & Comp.
12. Flechsig, P., Die innere Ausbildung des Gehirns der rechtzeitig geborenen menschlichen Frucht.
    Ber. über die Vers. mitteldeutscher Psychiater und Neurologen. Leipzig 1903.
13. Flechsig, P., Einige Bemerkungen über die Untersuchungsmethoden der Großhirnrinde, insbesondere des Menschen. (Dem Zentralkomitee für Hirnforschung vorgelegt.)
    Arch. f. Anat. u. Physiol. 1905.
14. Flechsig, P., Zur Anatomie der Hörsphäre des menschlichen Gehirns.
    Ber. der math.-phys. Kl. d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wissensch. zu Leipzig 1907.
15. Fraser, Alec, A Guide to Operations on the Brain. London 1890.
16. Gegenbaur, C., Lehrbuch der Anatomie des Menschen. 7. Aufl. 2 Bände. Leipzig 1899. Wilhelm Engelmann.
17. Goltz, Fr., Der Hund ohne Großhirn.
    Pfluegers Arch. Bd. 51. 1892. S. 570—614.
18. Inouye, Tatsuji, Die Sehstörungen bei Schußverletzungen der kortikalen Sehsphäre. Leipzig 1909. Wilhelm Engelmann.
19. Mayendorf, Nießl von, Die aphasischen Symptome und ihre kortikale Lokalisation. (Aus der psychiatrischen Klinik zu Leipzig.) Leipzig 1911. Wilhelm Engelmann.

20. Marchand, F., Über einen neuen Fall von Mikrokephalie hohen Grades.
Ber. der Ges. zur Beförderung der ges. Naturwissenschaften. Marburg 1896.
21. Marchand, F., Über das Gehirngewicht des Menschen.
Biol. Zentralblatt Bd. XXII, 1902 und Abh. d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wissenschaften, math.-physik. Kl., Bd. XXVII, 1902.
22. v. Monakow, Gehirnpathologie. 2 Bde. 2. Aufl. Wien 1905. Alfr. Hölder.
23. Obersteiner, H., Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Zentralorgane im gesunden und kranken Zustande. 4. Aufl. Leipzig und Wien 1901. Fr. Deuticke.
24. Pfeifer, R. A., Über den feineren Bau des Zentralnervensystems eines Anencephalus (hirnlose Mißgeburt).
Monatsschr. f. Psychiatrie u. Neurologie. Bd. XL. 1916.
25. Pfeifer, R. A., Beobachtungen an Rechts- und Linkshänderschrift von anscheinend weittragender Bedeutung.
Zeitschr. f. d. ges. Neurologie u. Psychiatrie. Bd. XLV. Heft 3/4. 1919.
26. Pfeifer, R. A., Kritische Bemerkungen zur Eimerprobe Poppelreuters als Leistungsprüfung bei Hirnverletzten.
Zeitschr. f. d. ges. Neurologie u. Psychiatrie. Bd. XLVII. 1919.
27. Pfeifer, R. A., Die Störungen des optischen Sucheaktes bei Hirnverletzten.
Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkunde. Bd. 64. 1919.
28. Rauber-Kopsch, Lehrbuch der Anatomie. Abteilung V: Nervensystem. 8. Aufl. Leipzig 1909. G. Thieme.
29. Richard, R., Überblick über den heutigen Stand der Frage nach der Lokalisation in der Großhirnrinde und ihre Anwendung in der forensischen Praxis.
Monatsschr. f. Psychiatrie und Neurologie. 1906.
30. Stauffenberg, W. Freiherr von, Über Seelenblindheit. Arbeiten aus dem hirnanatomischen Institut in Zürich. Heft VIII. Wiesbaden 1914. J. F. Bergmann.
31. Sternberg, W., Geschmacksempfindung eines Anenkephalus.
Zeitschr. f. Psychologie u. Physiol. d. S. Bd. XXVII. 1902.
32. Uhthoff-Heine, Ophthalmologie.
Neißers Stereosk.-Medizinischer Atlas. 46. Lieferung, S. 541—552. Leipzig 1902. J. A. Barth.
33. Wernicke, C., Der aphasische Symptomkomplex. Breslau 1874. Cohn & Weigert.
34. Wilbrand, H., Über die hemianopische Lesestörung und die v. Monakowsche Projektion der Makula auf die Sehsphäre.
Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. 1907. II. Abt. S. 1—39.
35. Wreschner, A., Vergleichende Psychologie der Geschlechter. Zürich 1912.
36. Wundt, W., Vorlesungen über Menschen- und Tierseele. 4. Aufl. Hamburg 1906. L. Voss.
37. Wundt, W., Grundzüge der physiologischen Psychologie. 5. Aufl. Bd. I. Leipzig 1902. Wilhelm Engelmann.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig

f
19.B.39.
Das menschliche Gehirn nach sei1920
Countway Library BEI6672
3 2044 045 807 047

f
19.B.39.
Das menschliche Gehirn nach sei1920
Countway Library BEI6672
3 2044 045 807 047